G-13-11.

PONTE TUBOLARE SUL PO

PRESSO MEZZANACORTI

ED OPERE RELATIVE

DI DIFESA E DI NUOVA INALVEAZIONE

CENNI

DELL' INGEGNERE

CAV. PASQUALE VALSECCHI

DIRETTORE DEI LAVORI

FIRENZE

TIPOGRAFIA DELLE MURATE

1868

PONTE TUBOLARE SUL PO

PRESSO MEZZANACORTI

ED OPERE RELATIVE

DI DIFESA E DI NUOVA INALVEAZIONE

CENNI

DELL' INGEGNERE

CAV. PASQUALE VALSECCHI

DIRETTORE DEI LAVORI

FIRENZE

TIPOGRAFIA DELLE MURATE

—

1868

(Estratto dal Giornale del Genio Civile).

624.1
V248p

7 Ag 75 M. SEXTON

PRELIMINARI

Fra le linee ferroviarie, state concesse alla *Società Italiana per le Strade Ferrate Meridionali,* havvi quella da *Voghera a Brescia* per *Pavia e Cremona.*

Nel capitolato annesso alla legge 21 agosto 1862, con cui fu approvata la suddetta concessione, mentre per le altre linee venne riservato al Governo di fissare con successivi decreti l'andamento di massima, per quella da Voghera a Brescia non solo fu determinato il tracciato generale della sezione Voghera-Pavia, ma in quanto specialmente si riferisce al varco del Po fu stabilito ch' esso si dovesse eseguire mediante ponte stabile con sistema identico a quello ch' era già stato approvato pel ponte di *Piacenza,* e si impose l' obbligo di compierlo entro il termine di *anni dodici* dall' apertura della linea all' esercizio, il quale avrebbe intanto dovuto attivarsi mediante ponte provvisorio in legname all' americana.

Venne inoltre prefisso che tanto il ponte provvisorio quanto lo stabile dovessero essere costruiti per modo da poter contemporaneamente servire ai convogli della ferrovia ed al passaggio del pubblico, *sia a piedi sia coi rotanti comuni.*

Un primo progetto di massima per la linea Pavia-Voghera fu presentato dalla Società concessionaria nel giugno del 1863 e secondo esso il varco del Po doveva farsi con ponte stabilito a cavaliere del fiume, esclusa così ogni idea di rettificazione del corso del medesimo, la quale venne poi, come si vedrà in seguito, decretata ed eseguita.

Non è a dire come il tracciato di questo tronco di ferrovia

CAVAGNA LIBRARY

nella *traversata del Po* fornisse argomento a lunghe e dotte discussioni in seno al Consiglio superiore dei lavori pubblici ed a molteplici ed estesi studi da parte della Società.

Tali discussioni e studi erano la naturale conseguenza della gravità della questione che aveasi a risolvere, imperocchè si dovesse mirare a scegliere, fra i tanti possibili, quel tracciato che, facendo ragione ai legittimi reclami degl'interessati, favorisse il miglior regime del disordinato corso del fiume in quella località, e presentasse ad un tempo maggiore facilità di esecuzione, e maggiore sicurezza di riuscita delle importanti opere da costruirsi a difesa del ponte, della ferrovia e delle proprietà private.

Quindi è che, avuto riguardo ad ogni circostanza di località, il Ministero dei lavori pubblici con Decreto del 28 aprile 1864, compiendo per tutta la linea l'approvazione, che per le altre parti di essa aveva già data coi precedenti decreti del 30 luglio e 1 decembre 1863, fissava l'andamento della ferrovia nella traversata del Po giusta il tracciato rappresentato, con linea punteggiata, sul piano generale nella Tav. I dei disegni, che servono di corredo ai presenti cenni.

La Società, nello interesse di dare sollecita esecuzione ai progetti approvati e di adempiere ai proprii impegni rispetto alla legge di concessione, occupatasi tosto degli appalti di costruzione della linea suddetta e del gran ponte pel *varco del Po*, stipulava per quest'ultimo colla Casa *Ernest Gouin e C. di Parigi* apposito contratto in data del 18 maggio dello stesso anno, e così pochi giorni dopo l'emanazione del succitato decreto di approvazione.

E poichè il Governo ebbe a darvi il suo consentimento, la Società, smettendo il pensiero di un ponte provvisorio, conveniva senz'altro colla casa suddetta la costruzione del ponte definitivo colla clausola della sua ultimazione entro mesi *sedici* dal giorno in cui le si sarebbe notificata l'approvazione per parte del Governo dei disegni di esecuzione. Con ciò essa ebbe in mira di poter attivare il passaggio sul ponte stabile entro lo stesso ter-

mine che la legge di concessione aveva accordato per l'ultimazione del ponte provvisorio in legname.

Ma il decreto governativo del 28 aprile 1864 subì nel seguito una essenziale modificazione.

I comuni ed i consorzi d'argini interessati e la Rappresentanza Provinciale di Pavia, supponendo che dall'attuazione del tracciato come sopra approvato potessero derivare disastrose conseguenze, reclamarono nuovamente ed insistettero tanto presso il Ministero dei lavori pubblici per l'adozione di altro progetto, che esso, nel giugno dello stesso anno 1864, dava incarico ad una Commissione tecnica, composta di tre Ispettori del Genio Civile, di prendere in esame il progetto stesso, e, visitata la località col concorso dei rappresentanti delle parti interessate, di riferire sulla convenienza o meno della sua esecuzione. La stessa Commissione doveva in ogni caso indicare quale tracciato fosse definitivamente a prescegliersi nella traversata del Po, e quale la situazione da assegnarsi al ponte per rispetto al buon regime del fiume ed agl' interessi generali e locali che vi erano implicati.

In base alle considerazioni svolte nella relazione della prefata Commissione, il Ministero dei lavori pubblici, in data del 28 ottobre 1864, emanava il decreto di approvazione definitiva del tracciato della ferrovia nella traversata del Po, che fu accettato dalla Società, ed è quello cui si diede esecuzione.

Secondo tale tracciato, e avuto riguardo alla direttrice generale del corso del fiume, venne prescelta, per la posizione del ponte, una località di alluvione, assai acconcia per lo stabilimento del vasto cantiere richiesto dalla grandiosa opera che avevasi da eseguire, e molto adatta pure per la costruzione stessa del ponte; vantaggi tutti che andarono a beneficio del costruttore, mentre la Società Concessionaria aveva già in precedenza, e come si disse sin dal 14 maggio 1864, stipulato il contratto colla casa Gouin, allorquando ritenevasi che il ponte dovesse essere collocato giusta il progetto approvato col ministeriale decreto del 28 aprile stesso anno. Essa ebbe invece, a cagione dello

stesso nuovo tracciato, l'onere gravissimo della nuova inalveazione del fiume e delle costosissime opere di difesa che ne furono la conseguenza. Ma di ciò si terrà diffusamente parola in seguito, essendosene qui fatto cenno unicamente per dimostrare la somma deferenza con cui la Società fece adesione alle modificazioni del primitivo decreto del 28 aprile 1864 nello scopo di non incagliare, per quanto poteva da essa dipendere, il celere compimento di una linea ferroviaria di grandissimo interesse, soprattutto pel vantaggio che deve derivarne al commercio fra il porto di Genova e la Lombardia.

Ponte sul Po.

Fissato definitivamente col succitato decreto l'andamento della ferrovia nella traversata del Po e con esso la situazione del Ponte, l'approvazione del progetto particolareggiato di questo era data con decreto ministeriale del 2 gennaio 1865.

In base di tale progetto il ponte è costituito da dieci *campate* di m. 72,50 di luce libera ognuna, con nove pile interposte, di cui n° 8 normali, di grossezza in sommità di m. 3,60, ed una centrale avente la grossezza di m. 4,60. Cosicchè la complessiva lunghezza del ponte fra le fronti degli spalloni risulta:

Per N°	10 campate a m. 72,50 cadauna	M^i.	725,00
«	8 Pile normali da 3^m,60 . . .	«	28,80
«	1 Pila centrale da 4^m,60 . . .	«	4,60
	Totale	M^i.	758,40

Aggiungendo all'anzidetta lunghezza di m. 758,40 l'appoggio sugli spalloni in m. 2,325 per parte, e così 4^m,65, si ha la lunghezza totale delle travate tra i due capi estremi in m. 763,05.

Per riguardo alla lunghezza totale del costrutto edificio è da notare, come essendo rimaste temporariamente in sospeso l'ultimazione del passaggio superiore ad uso della strada carrettiera, e la costruzione delle rampe e degli edifici d'accesso,

furono bensì portate a compimento le fondazioni delle retrospalle sino al livello della piattaforma stradale della ferrovia, ma al di sopra di questo piano non si elevarono che le sole parti dei muri di risvolto in testa al ponte indispensabili all' appoggio del rilevato dei piazzali coi relativi rivestimenti. La lunghezza di questi muri, misurata a partire dalla fronte esterna degli spalloni, essendo di m. 13,20 ciascuno e quella totale fra le spalle, come sopra, di m. 758,40, ne risulta che la totale lunghezza del ponte è di m. 784,80.

Tenendo poi conto delle retrospalle, le cui fondazioni sono già compiute, e sulle quali dovranno elevarsi gli edifici d' accesso al passaggio superiore per la strada carrettiera, siccome la loro lunghezza, misurata a partire dalle fronti degli spalloni, è di m. 32,80, duplicando questa, e addizionandola a quella di 758,40, si ha la complessiva lunghezza del ponte e degli edifici d' accesso in m. 824,00.

Le dimensioni principali di elevazione del ponte si ricavano dai seguenti dati:

La massima elevazione delle piene straordinarie sulle acque magre si è ritenuta di	M^i.	7,10
L' altezza libera fra il livello delle massime piene ed il piano di posa delle travate, dapprima fissata in m. 1,80, si è dappoi prudenzialmente elevata a . . .	«	3,00
L' altezza di dette travate è di.	«	7,50
Quella del parapetto per difesa della via superiore, compresa la grossezza delle lamiere orizzontali, di .	M^i.	1,74
Altezza complessiva fra il pelo delle acque magre e la sommità del parapetto	«	19,34

Se alla predetta altezza dell' edificio sopra le acque magre si aggiunge quella al di sotto delle stesse, ossia in fondazione, che per le diverse pile e spalle varia fra m. 18,50 e m. 21,00, si ha in corrispondenza di queste un' altezza media complessiva di edificio di m. 39,15.

I premessi dati di lunghezza del ponte in m. 824,00 e di altezza ragguagliata, comprese le fondazioni, in m. 39,15, possono soli bastare a chi voglia formarsi un primo concetto della grandiosa mole che è il Ponte di Mezzanacorti.

La forma, le dimensioni tanto generali quanto parziali, e la struttura del ponte e di ciascuna delle sue parti emergendo chiaramente dai disegni, tornerebbe qui ozioso lo scendere alla descrizione dei minuti e svariatissimi particolari di questo edificio. Si daranno invece le principali notizie che intorno alla costruzione di sì importante opera possono tornare di qualche interesse.

Tracciamento delle opere; stabilimento del cantiere. — Frattanto che si attendeva il decreto di approvazione del progetto particolareggiato del ponte, emanato, come si disse, il 2 gennaio 1865, si erano fatti sin dal dicembre 1864 sul terreno i tracciamenti delle opere, fissando esattamente l'asse del ponte, la ripartizione e posizione delle pile e delle spalle e quelle dei piazzali d'accesso.

Per istabilire poi gli estremi di altezza del ponte e delle sue parti dovendo ogni dimensione, sia in sopra elevazione sia in fondazione, essere riferita al livello delle acque magre, venne con ripetute esattissime livellazioni riportato lo zero dell'Idrometro stabile di Mezzanacorti al sito del costruendo ponte, ed aggiuntavi la naturale caduta del fiume, constatata di $0^m,25$, si fissò con capo stabile il piano assunto come livello delle massime magre.

La quota generale sul livello del mare per lo zero dell'Idrometro di Mezzanacorti, ritenutasi di m. 57,25 quella delle massime magre nella sezione del nuovo ponte, risultò di m. 57,50.

Determinato il livello delle massime magre, si poterono facilmente stabilire le quote di elevazione delle parti principali dell'edificio.

Infatti, ritenendo di $7^m,10$ l'altezza delle massime piene sulle acque magre, la quota generale di quelle sul livello del mare risultò di metri 64,60; il piano di posa delle travate, dovendo essere di metri 3,00 più elevato delle massime piene, venne fis-

sato alla quota generale di metri 67,60; il livello dei regoli infine dovendo, a senso del progetto approvato, trovarsi di metri 1,50 al disopra del piano predetto, la sua quota generale si ritenne di 69^{m},10.

Appena compiuti i tracciamenti suaccennati importava stabilire il cantiere in luogo comodo ed al sicuro dalle eventuali piene del fiume, e fu scelta perciò una località in adiacenza alla spalla destra e alle due prime pile consecutive, per essere questa la parte più elevata della zona di terreno in attinenza al ponte da costruirsi; la differenza di livello fra lo spianato del cantiere e le massime magre risultò infatti di metri 5,00 circa; per cui, non tanto comuni essendo le piene del fiume che raggiungono siffatta altezza, il cantiere trovossi per questo riguardo molto convenientemente collocato.

Non si omise però, a prevenire l'allagamento in caso di piene maggiori, di cingerlo di un arginello, lasciando soltanto i varchi necessari pel servizio, che in date evenienze di piene potevano prontamente essere preclusi con terra ed altri materiali.

Senza tener conto delle aree occupate esternamente per depositi di materiali diversi, quella costituente il cantiere propriamente detto, rinchiusa e difesa dall'arginello, era della considerevole superficie di m^{2} *quarantamila*, e conteneva: i fabbricati degli uffici della Società e dell' Impresa, i magazzini di utensili e di minuto materiale, le tettoie delle calci, quella pei lavoratori carpentieri, l'Ospitale ed infine il fabbricato delle macchine locomobili per la preparazione dell' aria compressa e per l' assorbimento e compressione dell' acqua occorrente nei lavori di fondazione. A quest'ultimo fabbricato andavano annesse l'officina per la riparazione degli utensili e la tettoia per la preparazione dei cementi.

Dello stesso fabbricato, siccome il più importante, si dánno nella Tav. II la pianta, due sezioni ed una tabelletta d'indicazioni relative.

Per facilitare le comunicazioni fra i diversi fabbricati ed i luoghi di deposito dei materiali si fecero vie ferrate provvisorie,

le quali poi furono poste in comunicazione con quella stabilita sul ponte generale di servizio, su cui crediamo opportuni i seguenti brevi cenni.

Nell' impianto dei cantieri una delle prime operazioni fu lo stabilimento di un ponte generale di servizio, sottocorrente, cui fu data tutta l'estensione che doveva avere quello da costruirsi: detto ponte venne armato di doppio binario, uno destinato al transito dei vagoni carichi, l'altro al ritorno dei vuoti; in corrispondenza poi a caduna pila e spalla furono stabilite le occorrenti piattaforme pel rivolgimento dei carri e pel loro passaggio ove d' uopo da un binario all' altro.

La Tavola II offre la disposizione generale planimetrica ed i particolari, sia in pianta sia in elevazione, del ponte anzidetto di servizio, a riguardo del quale gioverà ancora aggiungere come la sua elevazione sul livello delle acque magre, fissata in m. 4,80, sia stata vincolata a quella della spianata del cantiere pel più conveniente e più facile rimorchio dei carri carichi di materiali.

Del resto, per una fortunata combinazione, l' altezza della spianata del cantiere e conseguentemente quella del ponte di servizio erano sulle magre abbastanza rilevanti perchè anche nelle ordinarie escrescenze del fiume non ne andassero punto incagliati il movimento ed il trasporto dei materiali; ed infatti, durante il periodo delle costruzioni e così in tutto il corso degli anni 1865-66, soltanto due volte il ponte in discorso fu tracimato dalle acque, il che avvenne senza alcun danno e con sospensione di lavori limitata a brevissimi giorni.

L'impianto del cantiere e la costruzione del ponte generale di servizio vennero celeremente portati a compimento, essendovisi impiegati i soli mesi di gennaio, febbraio e marzo 1865, durante il qual tempo furono pure preparati i primi castelli pel servizio di fondazione delle pile come risultano dalla sezione *A B* della Tavola II. Questi castelli si armarono di grue meccanica della portata di 8 tonnellate per servire al sollevamento e colloca-

mento a posto delle camere d' equilibrio, di cui si parlerà in seguito, come altresì al sollevamento dei materiali necessarii alle costruzioni.

Nei suaccennati tre mesi di lavori preparatorii furono anche aperte e sistemate alcune strade di servizio, di cui la principale e la più importante era quella destinata a mettere in comunicazione il cantiere coll' abitato di Bressana. A questo abitato facendo capo una comoda strada carrettiera tendente alla postale fra Pavia e Voghera, la nuova via di comunicazione dovea servire ai trasporti di ogni sorta di materiali che non potessero mandarsi direttamente al cantiere per la via del fiume.

Appena compiuta la suddetta strada di servizio incessanti si fecero gli arrivi di materiali, meccanismi ed utensili d' ogni specie, per cui al cadere di marzo tutto si trovò predisposto onde, intrapresa che fosse l'operazione capitale delle fondazioni delle pile e spalle, avesse la medesima a continuare senza interruzione e con attività proporzionata all'importanza dell'opera e soprattutto al tempo limitatissimo entro cui l'impresa costruttrice aveva assunto l' obbligo di terminarla.

Fondazioni. — In grazia delle disposizioni preliminari come sopra compiute si potè il 1° aprile dare cominciamento agli scavi di fondazione delle pile col mezzo dell'aria compressa.

Il sistema è ormai, almeno in massima, abbastanza noto perchè non sia qui il caso di discorrerne a lungo. Si dànno tuttavia sul come venne applicato al ponte di Mezzanacorti le seguenti notizie di maggior rilievo.

Le dimensioni e la forma dei cassoni di fondazione furono le seguenti:

1° *Per le spalle* — Cassone rettangolare di $14^m,60$ di lunghezza per m. 5,60 di larghezza.

2° *Pila centrale* — Cassone di m. 6,60 di larghezza per m. 8,40 di lunghezza terminato da ambe le estremità con semicerchi di $3^m,30$ di raggio in guisa che la sua lunghezza totale risulta di $15^m,00$.

3° *Pile normali* — Cassone di m. 5,60 di larghezza per 9^m,40 di lunghezza terminato ad ambe le estremità da semicerchi di 2,80 di raggio e così della lunghezza totale di 15^m,00.

4° *Retrospalle* — I cassoni sono a sezione circolare di 6^m,00 di diametro.

Ogni cassone di fondazione era diviso in due distinte parti per mezzo di soffitto o diaframma orizzontale. La parte inferiore costituiva la così detta camera di lavoro per gli operai scavatori ed aveva m. 2,70 di altezza; la parte superiore, nella quale lavoravano gli operai muratori, era all'incominciare del lavoro di fondazione di metri 1,26 di altezza, ma alla medesima venivano successivamente innestate altre ghiere di lamiera mano mano che i cassoni andavansi affondando.

Alla *camera di lavoro* si aveva accesso per mezzo della campana superiore, detta *camera di equilibrio,* comunicante colla prima mediante tubi binati di m. 0,73 di diametro, uno dei quali munito della occorrente scaletta in ferro aderente alle pareti.

Per le pile e spalle i cassoni erano provvisti di doppia coppia di tubi di comunicazione e così di due distinte camere di equilibrio, mentre i cassoni di fondazione delle retrospalle aveano una sola camera d'equilibrio e quindi una sola coppia di tubi di comunicazione colla camera di lavoro.

La forma e le dimensioni delle camere di equilibrio e delle camere di lavoro, nell'uno e nell'altro dei due casi precitati, risultano dalla Tavola III.

Le materie scavate nelle camere di lavoro venivano per mezzo di secchioni, della capacità ciascuno di litri 75, sollevate entro i tubi suddetti sino alla camera di equilibrio ed ivi scaricate in apposito vagonetto, a riempire il quale occorrevano N° 4 di detti secchioni. Riempito il vagonetto, lo si faceva uscire dalla camera suddetta per mezzo di apposita porticina, cui era aderente un pianerottolo munito di regoli sui quali scorrevano le sue ruote fino al luogo determinato da una doccia in legno

destinata a ricevere le materie ed a scaricarle nella sotto stante campagna.

Lo scarico delle materie nella doccia veniva fatto coll'aprirsi del fondo mobile del vagonetto, il quale era quindi respinto nella camera d'equilibrio per essere di nuovo caricato.

I particolari segnati nella Tavola III dimostrano abbastanza chiaramente come si dovessero operare tanto il movimento ascendente delle materie nei secchioni per essere versate nel vagonetto, quanto l'uscita ed il ritorno di questo nella camera di equilibrio. Si scorgerà eziandio dall'attento esame degli stessi particolari come, per evitare disperdimenti d'aria compressa, i movimenti di uscita e di scarico del vagonetto si compiessero entro una cameretta, che poteva essere separata dal resto dell'ambiente d'aria compressa mediante apposita porticina chiusa ermeticamente, cosicchè il quantitativo d'aria che andava perduto ad ogni scarica del vagonetto limitavasi ad un metro cubo circa, che è la quantità di cui era capace la cameretta stessa, la sola messa in comunicazione coll'aria esterna.

E poichè la capacità del vagonetto era di litri trecento, facile è il dedurre come per ogni metro cubo di materia scavata e gettata fuori dei cassoni si dovesse subire la perdita di circa tre metri cubi di aria compressa.

Aggiungendo a questa tutte le altre perdite, come quelle cagionate dall'entrata e dall'uscita degli operai dai cassoni, quelle dovute agli sperdimenti dai tubi di condotta e da tutto l'apparecchio, e quelle infine, assai considerevoli, che avevano luogo nell'atto in cui doveasi diminuire la pressione per operare l'abbassamento giornaliero dei cassoni, a misura dello avanzare del lavoro di escavazione, ne risulta che nelle fondazioni di questo ponte ogni metro cubo di scavo richiese il considerevole volume di circa m.^{3} 83,00 di aria compressa.

L'aria veniva compressa nell'apposita officina del cantiere; erano a ciò destinate quattro locomobili della forza di 16 cavalli-vapore ognuna, di cui per lo più non funzionavano che due

sole, tenendosi le altre in riserva. Una 5ª locomobile, col relativo apparecchio di compressione, si tenne disponibile fuori dell' officina per essere trasportata al luogo delle due spalle. L' aria compressa veniva, mediante tubi appoggiati al palco di servizio, condotta alle camere di equilibrio. Il grado di pressione era regolato a seconda dei bisogni col mezzo di appositi robinetti.

Pei movimenti di ascesa e discesa dei secchioni destinati all' estrazione delle materie scavate serviva da motore l' acqua compressa per mezzo di due altre locomobili situate nella stessa officina delle macchine per la compressione dell' aria. Con una di queste locomobili si dava moto ad una pompa d'assorbimento dell' acqua da un pozzo appositamente scavato; coll' altra, mediante tubi appoggiati al ponte di servizio, spingevasi l' acqua sino alla sommità della camera d'equilibrio ove, coll'apparecchio di cui si dànno i particolari nella Tavola III, producevasi il movimento necessario al saliscendi dei secchioni.

La compressione dell' acqua si faceva a circa 10 atmosfere. La quantità che si rese necessaria per tutti gli scavi di fondazione del ponte fu di m^3 13,108,00, ossia litri 41,50 circa ogni metro cubo di scavo elevato all' altezza media di m. 19,45.

Le due locomobili destinate al lavoro di presa e di spinta dell' acqua erano della forza di 8 cavalli-vapore ciascuna.

All'incominciarsi del lavoro di scavo coll'aria compressa, la lunghezza dei tubi di comunicazione fra le camere d'equilibrio e quelle di lavoro era di m. 8 a 9, tale così da potersi avere comodo accesso alla camera di equilibrio per mezzo dei palchi a castello, come scorgesi nel disegno della Tavola III. Siccome però col procedere delle escavazioni tutto l' apparecchio di fondazione, cioè camera di lavoro, camera d'equilibrio ed interposti tubi di comunicazione, affondavasi, e siccome la profondità minima cui si spinsero le fondazioni delle pile fu di m. 18,50, ne conseguì la necessità delle così dette *riprese*.

Consistevano queste nel togliere di posto le camere d' equi-

librio mediante la grue stabilita alla sommità del palco a castello, e depositarle sul palco laterale come vedesi nella Sez.e *A B* (*Tav.* II) per indi fare la necessaria aggiunta di tubi. Perchè poi in causa di questa operazione non venisse sospeso il lavoro d'escavazione nei cassoni, le due camere d'equilibrio venivano tolte dal loro posto una per volta in guisa che, nel mentre la *ripresa* compievasi per una di esse, il lavoro poteva continuare per mezzo dell'altra.

Durante la stessa operazione delle *riprese* bisognava impedire nei cassoni i disperdimenti di aria compressa, e ciò si otteneva otturando ermeticamente le aperture dei tubi, che trattavasi di allungare al loro imbocco colla camera di lavoro.

Mentre ferveva nelle dette camere il lavoro di escavazione, procedevasi, superiormente alle medesime, alla formazione della massa murale, la quale doveva e facevasi avanzare di pari passo coll'affondamento dei cassoni. La parte superiore di questi, entro cui eseguivansi le murature, veniva poi man mano allungata con l'aggiunta di lamiere di ferro a misura del progredire delle murature stesse, le quali furono eseguite in calcestruzzo per l'altezza di $1^m,50$ sopra il diaframma o soffitto della camera di lavoro, ed in mattoni pella rimanente.

L'abbassamento dei cassoni operavasi gradatamente per profondità di 50 in 50 centimetri, e ciò mediante una conveniente diminuzione di pressione nella camera di lavoro dopo che erasi in questa eseguito l'occorrente scavo colla dovuta regolarità, massime tutto all'intorno della parete o fendente della camera stessa. Affine poi di regolare la discesa dei cassoni predetti in senso uniformemente verticale, l'impresa non ricorse ad alcun speciale meccanismo, ma si valse esclusivamente di opportuni ricarichi di materiale nella parte superiore, ove lavoravasi in muratura, per rimettere i cassoni alla perfetta verticale, tuttavolta che in qualche parziale abbassamento la loro discesa non avesse avuto luogo colla dovuta regolarità.

Spinta la fondazione alla voluta profondità, la camera di la-

voro e successivamente i pozzi lasciati pei tubi di comunicazione venivano riempiti con calcestruzzo.

È da notarsi però che la pressione d'aria era mantenuta ancora per parecchi giorni dopo compiuto il riempimento delle camere di lavoro, e ciò nello scopo d'impedire che l'acqua, sollevandosi per pressione propria e filtrando a traverso il calcestruzzo, ne pregiudicasse la buona presa.

Tolta poi la pressione d'aria e smontate le camere d'equilibrio immettevasi nei pozzi corrispondenti ai tubi di comunicazione una colonna d'acqua, che bastasse per qualche tempo ad equilibrare le pressioni contro la superficie inferiore del calcestruzzo. Quest'acqua veniva quindi estratta per mezzo di pompe ed i pozzi otturavansi accuratamente con calcestruzzo.

Le fondazioni, ad aria compressa, delle pile e spalle del ponte, cominciate col 1° di aprile 1865 si ultimarono il 7 ottobre dello stesso anno e così in giorni centonovanta, durante i quali furono escavati metri cubi 24021,00 di cui m³ 17177,00 coll'aria compressa.

La muratura stata nello stesso periodo di tempo eseguita entro i cassoni di fondazione fu di . . . . . m.³ 15.832. 13

Di cui in calcestruzzo . . . m.³ 4535. 79

« in laterizi . . . . . « 11296. 34

Il ferro impiegato nei cassoni di fondazione rilevò complessivamente a chilogrammi 966,525. 00, ripartitamente come segue:

Spalla destra.	Chilog.	104,650. 00
« sinistra	«	106,875. 00
Pile 1ª, 2ª, 3ª e 4ª assieme . .	«	302,000. 00
Pila 5ª (centrale)	«	104,875. 00
Pile 6ª, e 7ª.	«	161,700. 00
Pila 8ª.	«	90,475. 00
« 9ª.	«	95,950. 00
Totale come sopra. . .	Chilog.	966,525. 00

La durata del lavoro di fondazione e la profondità raggiunta per cadauna spalla e pila risultano dal seguente quadro

INDICAZIONE DELLE SPALLE E PILE	DATE DEI LAVORI DI FONDAZIONE		TEMPO impiegato in giorni	PROFONDITÀ raggiunta		ANNOTAZIONI
	Incominciamento	Ultimazione				
	1865					
Spalla destra	1 settemb	5 ottobre	35	19	00	Sotto le massime magre.
Pila 1	14 Id.	7 id.	24	18	50	
Id. 2	10 agosto	11 settemb.	33	18	50	
Id. 3	14 id.	8 id.	26	18	50	
Id. 4	17 luglio	14 agosto	29	18	50	
Id. 5	14 id.	14 id.	32	19	00	
Id. 6	13 giugno	10 luglio	28	19	00	
Id. 7	6 maggio	18 giugno	44	29	00	
Id. 8	9 aprile	13 maggio	35	20	00	
Id. 9	1 id.	26 id.	56	21	00	
Spalla sinistra	6 giugno	10 luglio	35	20	50	

Dal precedente quadro si scorge come il lavoro di fondazione sia proceduto bastantemente regolare tanto per le pile quanto per le spalle. Non sarà però qui superflua qualche spiegazione a riguardo di due delle prime, la 9ª e la 7ª, per le quali la durata del lavoro riuscì, relativamente, maggiore che per le altre. Per la 7ª una delle cause di ritardo, di cui è facile darsi ragione consultando nella tav. I lo stato idrometrico del fiume, provenne da una piena che durò dal 20 al 26 maggio e superò di m. 4,00 il livello delle magre; per cui dovettero per alcuni giorni soffrire incaglio i movimenti dei materiali sul ponte di servizio. Un' altra causa, e fu questa la principale, consistette nell'essersi dovuto a più riprese togliere dalla suddetta pila parte degli operai-scavatori per essere distribuiti nei cassoni di altre due, cioè la 8ª e la 9ª, ove gli altri operai che vi erano addetti mal potevano a lungo reggere al lavoro, stante la profondità cui si dovettero spingere le fondazioni, ed anche per l' aumento di pressione dovuto all'altezza delle acque del Po durante i giorni, in cui il cassone della pila 9ª già trovavasi al suo massimo affondamento sotto le magre.

In quanto al più sensibile ritardo, cui andò soggetta l'ultimazione delle fondazioni dell' altra pila, la 9ª, oltrechè si estesero pure ad essa le conseguenze stesse sopra notate della piena del maggio, vuolsi ritenere che fu questa la prima fondazione

stata intrapresa coll' aria compressa, per cui dovette naturalmente andar sprecato qualche tempo nel primo avviamento del lavoro.

Inoltre la suddetta piena avendo, come già si disse, raggiunto l' altezza di metri 4,00 sopra le magre, l' aumento di pressione nei cassoni dovette essere di oltre $\frac{4}{10}$ di atmosfera, che aggiunti ai $\frac{22}{10}$ circa già necessarii per tener libera dall' acqua la camera di lavoro alla profondità di m. 21,00 sotto le magre stesse, ne derivò che si ebbe in complesso bisogno per la pila 9ª di una pressione di circa $\frac{26}{10}$ di atmosfera, alla quale ben pochi operai resistendo al lavoro, assai lentamente dovea procedere lo scavo di fondazione.

Ma un' altra causa ancora concorse ad incagliare e ritardare il lavoro di fondazione della stessa pila. Il labbro inferiore della parete metallica della camera di lavoro, giunto a circa 5^m,00 sotto il livello delle magre, incontrò e si appoggiò ad un tronco d' albero che trascinò seco fino alla profondità di 18^m,60; ivi giunto il detto tronco appoggiandosi a strato più compatto di terreno, nè potendo più discendere ed impedendo così pure la discesa del cassone, la parete di questo, per uno sviluppo di circa 2^m,00 e per l' altezza di 1^m,50, si scompaginò, inflettendosi dall' esterno all' interno.

Il forte disperdimento d' aria compressa e l' immediato alzamento delle sorgive, cui diè luogo l' accidente, misero in qualche allarme gli operai, i quali, vedendo farsi più forti che mai le filtrazioni d' acqua, credettero dover porsi in salvo sortendo dalla camera di lavoro. Ma il guasto fu prontamente riparato previo aumento di pressione, sia coll' aggiunta di saettoni di ferro, che impedivano una maggiore flessione della parete del cassone, sia col costruire tutto all' intorno della camera di lavoro un rivestimento di muratura laterizia, con cemento a rapida presa, poggiante sulle banchette metalliche formate dai ferri orizzontali dei cassoni stessi.

Il rinforzo di muratura laterizia all' intorno delle pareti dei cassoni costituenti la camera di lavoro venne poi, per misura di

precauzione, anche applicato ai cassoni di tutte le altre pile.

Nessun altro accidente in danno dei lavori si ebbe a lamentare durante le fondazioni, le quali del resto poterono con sufficiente facilità essere regolarmente e prontamente compiute, anche in grazia della natura del terreno che avevasi a scavare: diffatti dalla sezione generale degli strati attraversati, rappresentata nella Tav. I, ben si scorge come, eccettuato qualche non esteso strato di argilla e di argilla con torba, quel terreno sia stato per la massima parte di sabbia più o meno fina e pura e di sabbia mista a ghiaia.

Le fondazioni di tutte le pile e spalle poggiano su di uno strato di sabbia e grossa ghiaia; e fu nello scopo di raggiungere questo strato che si dovettero spingere gli affondamenti dei cassoni a profondità che, come rilevasi dalla tabella che diamo qui appresso, variano da $18^m,50$ a $21^m,00$.

Posteriormente alle fondazioni delle pile e spalle essendosi deciso di eseguire ad aria compressa anche quelle delle retrospalle, venne pei cassoni adottata la disposizione che chiaramente emerge dai disegni.

Con tale disposizione si rese necessario di costruire uno speciale palco a castello, il quale potesse contemporaneamente servire durante l' affondamento dei quattro cassoni adottati per ognuna delle retrospalle. Perciò sulla sommità e sul mezzo di esso palco fu stabilita una grue meccanica, che serviva a sollevare e trasportare ai suoi quattro angoli altra grue, per mezzo della quale poi facevansi separatamente i varii servizii di sollevamento delle camere di equilibrio e dei materiali di costruzione.

Per maggiore intelligenza si dànno nella Tav. III i particolari di questo palco. Fatta astrazione dalla forma diversa dei cassoni, il sistema d' affondamento e di estrazione dei materiali escavati era perfettamente eguale a quello già praticato per le pile e spalle, essendosi impiegate le stesse camere d' equilibrio e gli stessi tubi di comunicazione colle camere di lavoro che già avevano servito per le altre fondazioni.

Le date dei lavori di fondazione delle retrospalle risultano della seguente Tabella.

INDICAZIONE DELLE RETROSPALLE	DATA DEI LAVORI DI FONDAZIONE		TEMPO impiegato in giorni	PROFONDITÀ raggiunta		ANNOTAZIONI
	Incominciamento	Ultimazione				
Retrospalla destra	1866					
Cassone 1	24 marzo	4 aprile	12	13	00	Sotto le acque di massima magra.
Id. 2	26 id.	9 id.	15	»	»	
Id. 3	15 aprile	28 id.	14	»	»	
Id. 4	16 id.	28 id.	13	»	»	
Retrospalla sinistra						
Cassone 1	6 id.	20 id.	15	13	00	
Id. 2	8 id.	20 id.	13	»	»	
Id. 3	5 maggio	22 maggio	18	»	»	
Id. 4	5 id.	22 id.	18	»	»	

Si scorge da questa tabella come le fondazioni delle retrospalle abbiano proceduto a due cassoni per volta, e come ogni cassone, per discendere $13^m,00$, abbia impiegato un tempo che varia da 12 a 18 giorni, in guisa che in meno di due mesi di lavoro anche queste fondazioni si portarono a compimento senza alcun notevole incidente.

La muratura eseguita negli otto cassoni delle due retrospalle, contemporaneamente al loro affondamento, fu di $m.^3$ 3019,406 di cui m^3 1973,196 in mattoni e m^3 1046,210 in calcestruzzo.

Per le fondazioni di ognuna delle anzi accennate retrospalle l'aria veniva compressa vicino al luogo ove doveva agire, e ciò a scanso dei notevoli sperdimenti, che sarebbero altrimenti stati inevitabili.

Analogo espediente già era stato, in via d'eccezione, adottato alloraquando si eseguivano le fondazioni della spalla sinistra, e

ciò appunto per ovviare agl'inconvenienti che prima di porre in pratica tale provvedimento accadevano nella trasmissione dell'aria compressa dall' officina centrale delle macchine, distante di oltre seicento metri dal luogo di fondazione di detta spalla.

Soprastruttura. — I lavori di soprastruttura venivano intrapresi mano mano che le fondazioni di ciascuna pila e spalla erano giunte al livello prescritto. Prima però d'intraprendere gli stessi lavori si disfaceva il castello che aveva servito durante le fondazioni, dovendo al medesimo esserne sostituito altro con grue più adatta al maneggio dei materiali, la quale, richiedendo un braccio d'azione più esteso, limitavasi alla portata di 5 tonnellate. Del palco a castello eretto per ciascuna pila e spalla durante i lavori di soprastruttura è pur dato il disegno nella Tavola II.

È da notarsi come il piano superiore della muratura nei cassoni dovesse, a termini del progetto approvato, trovarsi al preciso livello delle massime magre. Ma stante le oscillazioni, che durante i lavori di fondazione si osservarono nel detto livello, disceso talvolta sensibilmente al disotto dello zero degli idrometri, venne fissato a m. 0,42 sotto le presupposte massime magre. Su detto piano, ed a più preciso conguaglio della muratura laterizia, fu eseguita una platea generale di pietra granitica di $0^m,20$ di grossezza sulla quale, con risega di $0^m,30$, si erge lo zoccolo, pure di granito, dell' altezza di $0^m,60$ a parete verticale: sopra tale zoccolo in fine si elevano le murature delle pile e delle spalle a pareti esterne rastremate di $1^m,00$ su $8^m,50$.

A partire dallo stesso zoccolo la muratura delle pile e spalle è di mattoni scelti del campione di $0,26 \times 0,13 \times 0,065$ appositamente fabbricati. I rostri sopra e sotto corrente, al pari dei coronamenti delle pile e delle spalle, sono in granito a feldspato roseo delle cave presso al lago Maggiore.

La Tavola IV offrendo tutti i particolari della soprastruttura murale si ommette ogni altra indicazione specialmente in ciò che concerne le dimensioni sia del complesso sia delle singole parti dell' edifizio.

Si crede bene far notare che le ultime ghiere metalliche costituenti le pareti dei cassoni lasciavansi generalmente sussistere ad una elevazione di m. 2,50 sopra la risega di fondazione, e ciò nello scopo di difendere da eventuali escrescenze del fiume la costruzione della parte murale superiore. Cessato il bisogno di difesa le predette ghiere venivano tolte, limitando la parete metallica del cassone al piano inferiore o di posa della platea generale in pietra.

Circa alla qualità dei mattoni, a malgrado la rinomanza delle fornaci da cui provenivano, si usava la cautela di non accettarli in cantiere che dopo essere stati sottoposti ad apposito apparecchio di prova per constatarne la resistenza allo schiacciamento.

In ciò si tenne conto del peso massimo sovraincumbente ai primi corsi di mattoni al disopra della camera di lavoro; e ritenuto: 1° l'altezza massima delle pile sopra e sotto le magre ed il conseguente peso proprio della massa murale; 2° il peso delle travate metalliche gravitante sulle pile; 3° i carichi di prova prescritti per la ferrovia e per la superiore strada carrettiera, di cui sarà tenuto parola in seguito, si venne a determinare il carico totale di una pila al piano di fondazione in tonnellate 5265,80, da cui il carico medio ragguagliato al centimetro quadrato di fondazione in chilogrammi 6,81.

Essendo adunque di circa 7 chilog. il carico totale massimo che dovea sopportare ogni centimetro quadrato di mattone nei primi corsi di fondazione, stando alle norme pratiche generalmente seguite, sarebbe stata esuberantemente guarentita la solidità della costruzione ammettendo mattoni di resistenza decupla di quella necessaria, e così capace di sopportare, sotto l'apparecchio di prova, un carico di 70 chilogrammi per ogni centimetro quadrato.

Fu tuttavia stabilito che, a parte tutte le altre prescrizioni di cottura, di dimensioni e di regolarità di forma, dovessero rifiutarsi tutti i mattoni che sottoposti a prova non avessero resistito al peso di 120 chilogrammi almeno per centimetro quadrato.

L'ordine seguito, il tempo impiegato e la quantità di lavoro

compiuto per le costruzioni murarie delle pile, spalle e retrospalle al disopra della risega di fondazione risultano dalla seguente Tabella.

INDICAZIONE DELLE PILE E SPALLE	DATE DEI LAVORI DI SOPRA FONDAZIONE		TEMPO impiegato in giorni	LAVORO MURALE ESEGUITO					
	Incominciamento	Ultimazione		in mattoni		in pietra da taglio		Totale	
				M³		M³		M³	
Retrospalla destra	26 maggio 1866	14 settemb. 1866	112	1250	750	77	115	1327	865
Spalla destra	8 novemb. 1865	3 marzo »	116	548	617	87	034	635	651
Pila N° 1	22 ottobre »	17 febbraio »	119	400	907	126	597	527	504
Id. » 2	10 id. »	3 id. »	117	400	907	126	597	527	504
Id. » 3	22 settemb. »	27 gennaio »	128	402	945	126	597	529	542
Id. » 4	7 id. »	20 id. »	136	400	907	126	597	527	504
Id. » 5	27 id. »	14 dicemb. 1865	81	512	408	142	357	654	765
Id. » 6	25 agosto »	30 novemb. »	98	400	907	126	597	527	504
Id. » 7	12 id. »	15 ottobre »	65	402	945	126	597	529	542
Id. » 8	29 luglio »	24 settemb. »	58	400	907	126	597	527	504
Id. » 9	31 id. »	23 id. »	55	400	907	126	597	527	504
Spalla sinistra....	15 settemb. »	20 gennaio 1866	128	548	617	87	034	635	651
Retrospalla sinist.	21 giugno 1866	14 agosto »	55	1250	750	77	115	1327	865
				7322	474	1483	431	8805	905

Da questa tabella si scorge come la stagione invernale sia stata la sola causa del meno celere eseguimento delle opere murali di soprastruttura, mentre per talune pile, i di cui lavori poterono essere compiuti in miglior stagione, il tempo in essi impiegato fu, in confronto delle altre, notevolmente più breve.

Addizionando i volumi delle diverse categorie di muratura, in fondazione e soprastruttura delle pile, spalle e retrospalle, si avranno le seguenti quantità:

Muratura in calcestruzzo	M³	5582,000
« laterizia	»	20592,000
« in granito	»	1483,431
Totale . . .	M³	27657,431

Applicando il peso per metro cubo che, giusta le fatte esperienze in cantiere, puossi con sufficiente approssimazione ritenere di chil. 2200 pel calcestruzzo, di 1800 per la muratura laterizia e di 2850 per la muratura in granito, si avrebbe pel complesso delle opere murali del ponte di Mezzanacorti l'enorme quantità di circa . . . . . Chil. 53,573,800. 00

cui vuolsi ancora aggiungere il peso dei cassoni metallici formanti involucro alla muratura di fondazione, cioè:

Per le pile e spalle . .	Chil. 966,525.	1,211,200. 00
« retrospalle . . .	« 244,675.	
cosicchè il peso totale sarebbe di . .		Chil. 54,785,000. 00

Le spese cui si elevarono le sole opere murali di fondazione e soprastruttura delle pile, spalle e retrospalle, escluse così le travate metalliche e le opere accessorie, furono liquidate nella somma di L. 2,964,807. 90, cioè:

a) Fondazione delle pile e spalle	L.	1,979,527. 92	
b) « delle retrospalle	«	400,000. 00	
Totale per le fondazioni . .	L.	2,379,527. 92	2,379,527. 92
c) soprastruttura delle pile e spalle	L.	485,262. 00	
d) « delle retrospalle	«	100,017. 98	
Totale per la soprastruttura	L.	585,279. 98	585,279. 98
Totale generale come sopra			L. 2,964,807. 90

Quindi il costo medio di ogni metro cubo di muratura, compresovi l'importo delle scavazioni di fondazione, del ferro dei cassoni ed ogni altra spesa ed indennità relative, è stato di L. 107. 20.

Prima di passare alle travate metalliche si aggiugeranno alcuni cenni a compimento delle notizie sulle opere murali e di terra pei piazzali d'accesso e per le strade alzaie aderenti agli spalloni ad uso della navigazione.

Tanto le strade anzidette quanto il rilevato dei piazzali, che si appoggia contro i muri di testa del ponte, furono rivestiti con prismi fabbricati in cantiere. Questo rivestimento doveva, a termini del progetto, spingersi al livello delle massime magre ed ivi appoggiarsi ad una base di calcestruzzo contenuto entro robusta paratía di legname, difesa con abbondante gettata di prismi e fascinoni, nella proporzione di m. c. 15 dei primi e 7 dei secondi per ogni metro lineare.

Ma nella esecuzione, le acque nei cavi di fondazione dei rivestimenti essendosi mantenute persistentemente ad oltre un metro sul livello delle magre, fu giuocoforza, per poter ultimare i lavori prima del periodo delle piene, modificare il piano di fondazione elevandolo di $1^m,00$ sopra il livello anzidetto.

Per contro, affine di mantenere le fondazioni nelle stesse condizioni di stabilità determinate nel progetto, si prescrissero di altrettanto più lunghi i pali ed i tavoloni delle paratíe e di altrettanto più alto entro queste il calcestruzzo, così che in esecuzione si ebbe:

Lunghezza dei pali	M.i	4,50
« dei tavoloni . . .	«	4,00
Altezza di calcestruzzo . . .	«	3,00

ferme restando poi tutte le altre dimensioni e disposizioni del progetto quali risultano dai disegni.

I prismi delle gettate hanno il volume di un mezzo metro cubo e sono di forma parallelepipeda ad angoli smussati colle seguenti dimensioni: $0,71 \times 0,71 \times 1,00$. Pei rivestimenti si prepararono prismi di $\frac{1}{8}$ di metro cubo colle dimensioni: $0,60 \times 0,50 \times 0,40$.

I fascinoni sono di un metro cubo, ognuno avendo m. 4,00 di lunghezza e m. 0,56 di diametro. I loro componenti sono:

Involucro di fascine strettamente legate con robuste ritorte	M³ 0,40
Grossi ciottoli e rottami di fabbrica	« 0,16
Terra grassa (detta *tivarosa*)	« 0,44
Totale come sopra . .	M³ 1,00

I fascinoni al di sotto delle gettate in pietra si adottarono nello scopo di poter allargare, senza troppo grave dispendio, la base di difesa ed allontanare così i gorghi dal manufatto che voleasi consolidare, per cui la ragione principale del loro impiego nelle opere definitive di difesa al ponte sta nell' economia della spesa, avendo essi costato lire 6. 00 per metro cubo, mentre per le gettate in pietra si pagarono L. 25. 00.

La forma e le dimensioni dei rivestimenti e della strada alzaia non che delle paratíe e gettate di difesa si scorgono nella Tavola IV.

I lavori precedentemente descritti per la formazione dei piazzali d'accesso al ponte, delle strade alzaie e dei relativi rivestimenti, fondazioni e gettate, cominciati in fine di giugno 1866, ebbero compimento in dicembre dello stesso anno.

La spesa cui diedero luogo i lavori stessi risultò, a liquidazione finale, di L. 410,243. 51, ripartita come segue:

Movimenti di terra	L. 122,455. 07
Opere di fondazione, cioè paratie e calcestruzzo.	« 59,640. 30
Rivestimenti e gettate.	« 215,866. 84
Spese diverse	« 12,281. 30
Totale come sopra . .	L. 410,243. 51

Le calci impiegate in tutte le costruzioni murarie del ponte e dei suoi accessi sono le seguenti:

1° Calce di Casale per tutte le murature laterizie e pel calcestruzzo delle camere di lavoro.

2° Calce idraulica di Palazzolo, ed in piccola parte cemento idraulico di Bergamo, nella fabbricazione dei prismi.

3° Cemento idraulico di Bergamo a rapidissima presa nella muratura laterizia di rinforzo delle pareti delle camere di lavoro, e nella fabbricazione del calcestruzzo per colmare i pozzi e vani corrispondenti ai tubi di comunicazione fra le camere di equilibrio e quelle di lavoro.

4° Cemento della *Valentine* nelle giunzioni della pietra da taglio e nei lavori per impedimento di filtrazioni nei casi di urgenti riparazioni.

La calce di Casale, provveduta in pezzi, veniva estinta coll' ordinario mezzo dell' aspersione, ma la mescolanza con sabbia per la composizione della malta eseguivasi con *turbini* poste in movimento dalle stesse locomobili collocate nell' officina del Cantiere.

Le proporzioni prescritte per la malta erano di *una* parte di calce in pasta per *due* parti di sabbia.

Per il calcestruzzo poi, ad ogni metro cubo di malta preparata nel modo anzidetto, si mescolavano due metri cubi di pietrisco di grossezza da $0^m,04$ a $0^m,06$ misto in parti eguali a ghiaiuccia fina.

La stessa proporzione era pure osservata per gl' impasti di calcestruzzo nella fabbricazione dei prismi; con questa sola differenza che la calce di Palazzolo, di cui si faceva uso in tale lavoro, essendo provveduta in polvere, per la formazione della malta s'impiegavano miriagrammi 40 per ogni m. c. di sabbia.

Quest'ultimo sistema fu adottato anche nelle malte composte con cemento di Bergamo.

Per la fabbricazione dei prismi fu stabilito apposito cantiere; ed affinchè la manipolazione degl'impasti riuscisse più sollecita e regolare si fece uso di *betoniere*, di cui si dànno alcuni particolari nella Tav. VI.

Il miscuglio delle materie uscenti dalle betoniere, raccolte entro vagonetti, veniva compiuto al loro scarico sulle panconate adiacenti agli stampi nei quali si gettava il calcestruzzo per dare forma ai prismi.

Questi, di forma paralellepipeda e delle dimensioni sopra accennate, erano lasciati nel luogo di loro fabbricazione per circa tre giorni e dopo rimossi venivano, come d'uso, coperti con terra non senza aver prima otturato con sabbia gl' intervalli fra l' uno e l'altro. Fabbricati con calce di Palazzolo, potevano impiegarsi in rivestimenti ed in gettate dopo due mesi senza scomporsi.

Travate metalliche. — Si è già accennato al principio di queste notizie come il ponte sul Po presso Mezzanacorti sia costituito di dieci *campate* eguali, ciascuna di m.^{i} 72,50 di apertura netta, e che, computate le grossezze delle pile normali, della pila centrale e degli appoggi sulle spalle, la lunghezza complessiva delle travate, è di m.^{i} 763,05.

È da notarsi però come tutta la lunghezza del ponte sia formata da due distinte travate, poggianti alle loro estremità sulle spalle e sulla pila centrale e sostenute intermediariamente dalle pile normali. Il loro distacco sulla pila centrale essendo stato stabilito in $0^{m},50$, ne consegue che l' effettiva lunghezza delle medesime è di m.^{i} $\frac{763,05 - 0,50}{2} = 381^{m},275$.

Ognuna di dette travate è costituita da due grandi travi maestre reticolate verticali, collegate da travi trasversali a pareti piene inferiormente e superiormente, di cui le inferiori distano fra loro di tre metri e di m. 1,50 le superiori; avendo le prime m. 1,10 di altezza e m. 0,60 le seconde: queste ultime poi sono destinate a sostenere il pavimento della via carrettiera.

Le grandi travi verticali hanno l' altezza di m. 7,50 e sono formate di due reticolati, distanti $0^{m},60$ l' uno dall' altro e collegati con contraforti verticali. Ciascuno di questi reticolati è costituito di due file di sbarre della grossezza di $0^{m},150$ inclinate a 45° in senso contrario per modo da formare una maglia, la cui diagonale, misurata da asse ad asse delle sbarre, è di m. 0,75. La larghezza di queste sbarre varia da $0^{m},08$ a $0^{m},20$: la massima corrisponde alle pile, al mezzo delle campate la minima.

La larghezza delle lamiere orizzontali o piattabande al dissopra ed al disotto delle travi maestre è di m. 1,20, ed ognuna di esse, in via normale, ha la grossezza di $0^m,012$. Mediante sovrapposizione di lamiere la effettiva grossezza delle piattabande varia da $0^m,024$, a $0^m,108$, ossia si hanno nella grossezza minima due lamiere sovrapposte, e nove nella massima.

Le maggiori grossezze si hanno in corrispondenza alle pile 1, 4, 6, ed 8, le minori alle spalle, alla pila centrale e ad $\frac{1}{4}$ circa di ogni campata a partire da cadauna delle pile normali.

Le travi trasversali, tanto inferiori quanto superiori, sono debitamente saettate a crociera in senso orizzontale, ossia, come dicesi in termine d' uso, *contravventale*.

Le rotaie — sistema *Vignolles* — sono collocate sopra lungarine di quercia poggianti su travicelli longitudinali metallici fissati alle travi in traverso.

Al livello delle rotaie la larghezza libera del ponte è di m. 7,40 cioè:

Fra i due binarii		M.i 2,00
Larghezza complessiva del doppio binario		« 3,00
Spazio fra la rotaia esterna e la parete .	M.i 1,20	
e per N° 2		« 2,40
Come sopra . .		M.i 7,40

Superiormente, compresa la larghezza delle lamiere orizzontali che servono di marciapiede, la larghezza complessiva del ponte è di m. 9,50, cioè:

Via carreggiabile	M.i 7,10
Marciapiedi	« 2,40
Come sopra . .	M.i 9,50

Si è già detto come tutto il ponte sia costituito di due grandi travate appoggiate cogli estremi alla pila centrale ed alle spalle e sostenute dalle pile normali.

Importa ora di soggiungere che le travate stesse trovansi

fissate sulle pile 3ª e 7ª (partendo dalla sponda destra) per mezzo di cuscinetti in ghisa; sulle altre pile, sulle spalle e sulla pila centrale poggiano invece, per la libera dilatazione, su cilindri o rulli parimenti di ghisa.

Una tale disposizione di cuscinetti fissi fu adottata per ripartire l' effetto della dilatazione, dipendente dalle variazioni di temperatura, per quanto era possibile simmetricamente ed in giusta proporzione sulle spalle e sulla pila centrale. Ed invero il cuscinetto fisso sulla 3ª e sulla 7ª pila fa sì che gli allungamenti e gli accorciamenti hanno luogo per N° 4 campate sulla pila centrale e per N° 3 sulle spalle; mentre, se lo stesso cuscinetto si fosse collocato fisso sulla 2ª e sull' 8ª pila, si avrebbero avuti gli effetti della dilatazione soltanto per due campate sulle spalle e per sei sulla pila centrale.

L' intervallo di $0^m,50$, stabilito sulla pila centrale fra le due grandi travate, ebbe per iscopo di lasciare lo spazio necessario al dilatamento delle due travate per la parte che deve manifestarsi sulla pila stessa. Ed è agevole convincersi come lo stesso intervallo sia più che sufficiente.

In fatti la lunghezza effettiva di ognuna delle due grandi travate essendo, come già si è detto, di m. 381,275, la luce libera lasciata per le pile di m. 72,50 e la grossezza della pila normale di $3^m,60$, si hanno le seguenti risultanze:

Lunghezza di travata con dilatazione sopra ognuna delle spalle . . . . . metri 228,688

Id. sulla pila centrale, m.i $152,587 \times 2 =$. . . » 305,174

Supposto infine che la differenza di temperatura del ferro del ponte fra la minima invernale e la massima estiva, tenuto conto dell' azione diretta dei raggi solari sul metallo, possa giungere a 70 centig. si avrà la dilatazione totale delle due travate sulla pila centrale espressa in via approssimativa da $\frac{70}{100}$ $(305,174 \times 0,00122) = \frac{70}{100} \times 0,3723 = 0,261$. Sulle spalle poi la dilatazione sarebbe di $\frac{70}{100}$ $(228,688 \times 0,00122) = \frac{7}{10} \times 0,28 = 0,196$.

Dalle osservazioni finora fatte un tal limite non fu mai

raggiunto, essendo stata la massima differenza constatata sulla pila centrale di millim. 158 e di millim. 116 sulle spalle; nè poteva essere altrimenti dappoichè non ebbesi mai a verificare la massima differenza di temperatura come sopra assunta; però le osservazioni dimostrano come la dilatazione di quel grande ammasso di ferro, che è il ponte di Mezzanacorti, segua con moltissima approssimazione ed uniformità la legge generale della dilatazione lineare dei solidi per effetto del calore, concretata nel caso nostro nella formola suesposta.

Per ovviare agl' inconvenienti che avrebbero potuto, nell' esercizio della ferrovia, derivare dall' azione della temperatura sulle travate e dal conseguente distacco nelle ruotaie del binario che scorre sul ponte, si stabilirono speciali cuscinetti sulla pila centrale e sulle spalle, entro i quali ha luogo lo scorrimento dei regoli e che sono conformati in guisa da presentare continuità di appoggio alle ruote dei treni malgrado il distacco delle ruotaie. Degli stessi cuscinetti si dánno i particolari nella Tavola V.

Facile sarà l' applicare un sistema di compensazione pel tavolato superiore della strada carrettiera allorquando si tratterà di compierla; si è intanto provveduto fin d' ora pei parapetti già in opera col disporne le sbarre orizzontali in modo che addossandosi, anzichè essere congiunte, possono liberamente scorrere ed obbedire alla legge della dilatazione.

Le condizioni ed i dati principali assunti per la determinazione delle grossezze e la distribuzione dei ferri per una delle due grandi travate, ossia per mezzo ponte di cinque campate, furono i seguenti.

1. Campate per mezzo ponte	N°	5. 00
2. Distanza d' asse ad asse delle pile normali, come già fu detto	M.i	76. 10
3. Grossezza delle pile normali.	»	3. 60
4. Luce netta fra gli appoggi	»	73. 50
5. Larghezza delle lamiere orizzontali	»	1. 20
Altezza delle travi principali verticali	»	7. 50

6. Carico a sopportarsi durante le prove per metro corrente:

a) Peso proprio permanente delle travate compresi il tavolato e l'armamento dei binarii . . . . . Chil. 8,240. 00

b) Sopraccarico di prova sulla ferrovia, tonnellate 4 per ogni via . . » 8,000. 00

c) Sopraccarico per la via carrettiera in ragione di 400 chil. per metro superficiale ogni metro lineare . . . » 3,600. 00

Totale Chil. 19,840. 00

Ossia per ciascuna trave principale $\frac{19840}{2} =$ . . » 9920. 00

7. Sforzo massimo dei ferri alla flessione, trazione e compressione per millimetro quadrato di sezione netta . . . . . Chil. 6. 00

8. Sforzo massimo sui chiodi . . . . . » 4. 00

La teoria seguita nei calcoli fu quella del Clapeyron e l' applicazione ne fu fatta nelle sette seguenti ipotesi, cioè che il sopraccarico di prova fosse esteso: 1° a tutte le cinque campate del mezzo ponte; 2° alle campate 1ª, 2ª e 3ª; 3° alle 2ª, 3ª e 4ª; 4° alle 1ª, 2ª e 4ª; 5° alle 2ª, 3ª e 5ª; 6° alle 1ª, 3ª e 5ª: 7° alle 2ª e 4ª.

Le travi trasversali della via inferiore del ponte furono calcolate prendendo per sopraccarico di prova su ciascun binario una locomotiva Engerth di 66 tonnellate, e le travi superiori destinate a sorreggere il pavimento della via carettiera lo furono nell'ipotesi del già accennato sopraccarico di chil. 400 per metro superficiale di via, ossia di chil. 3,600 per metro lineare.

Si daranno in seguito i risultati delle prove eseguite pella collaudazione del ponte; per quanto concerne ai particolari delle travate metalliche, che corrispondono in tutto alle suaccennate prescrizioni, vedasi la Tav. V.

Pel collocamento in opera delle travate fu costruito apposito palco di servizio per ogni campata. Di tale palco si dà per mag-

gior intelligenza il disegno nella Tavola III, non senza far qui notare che le campate non erano messe in pieno corso di costruzione che tre per volta, in guisa che l'Impresa potè compiere l'intiero collocamento in opera delle travate col solo legname occorrente per quattro campate, oltre alla provvista dei pali per una 5ª e questa nello scopo di guadagnare tempo durante i lavori di ricupero dei legnami che avevano servito per le travate ultimate.

Le date d' incominciamento e di ultimazione di cadauna travata risultano dal seguente prospetto:

INDICAZIONE DELLE TRAVATE	DATA DELLA MONTATURA		TEMPO impiegato in giorni	ANNOTAZIONI
	Incominciamento	Ultimazione		
Travata I	30 giugno 1866	24 agosto 1866	56	Meno il parapetto e la dipintura.
Id. II	20 aprile »	4 id. »	107	Id.
Id. III	24 marzo »	28 luglio »	127	Id.
Id. IV	1 id. »	30 giugno »	122	Id.
Id. V	3 febbraio »	20 id. »	138	Id.
Id. VI	8 gennaio »	24 maggio »	137	Id.
Id. VII	2 ottobre 1865	17 febbraio »	139	Id.
Id. VIII	20 agosto »	31 dicemb. 1865	134	Id.
Id. IX	6 id. »	3 id. »	120	Id.
Id. X	1 ottobre »	3 marzo 1866	154	Id.

Malgrado qualche differenza nella durata dei lavori di montatura delle singole travate, non si potrà sconoscere la grande attività colla quale vi si attese e mercè cui poterono essere portate a compimento in poco più di 12 mesi, cioè dal 7 agosto 1865 al 27 agosto 1866.

Nei successivi mesi di settembre ed ottobre si ultimarono il collocamento del parapetto superiore, la dipintura ed ogni accessorio delle travate; e negli altri due mesi susseguenti si compierono l' impalcatura in legno al piano dei regoli, il colloca-

mento della doppia via e l' inghiaiata, in guisa che al 31 dicembre ogni lavoro relativo al ponte si trovò completamente ultimato.

Nella Tavola VI si dánno alcuni particolari degli apparecchi mobili pel sollevamento delle lamiere orizzontali e di quelli per la dipintura delle travate.

Il peso dei ferri lavorati e collocati in opera per le travate metalliche risultò di . .	Chil.	5,280,900. 00
Il peso della ghisa	»	235,400. 00
Totale	Chil.	5,516,300. 00

Da cui il peso medio dei metalli per ogni campata in.	Chil.	551,630. 00
E per ogni metro corrente	»	7,229. 28

Volendosi poi il peso totale del ponte, dovrebbesi, a quello suindicato dei metalli in. aggiungere :			Chil. 5,516,300. 00
a) Ferro d'armamento per doppio binario sul ponte, esclusi gli accessi	Chil.	119,775. 00	
b) Tavolato di quercia, m. c. 535. 00	«	492,200. 00	
c) Inghiaiamento « 330. 00	«	594,000. 00	
d) Lamiere per contenere l' inghiaiata.	«	480. 00	
	Chil.	1,206,455. 00	1,206,455. 00

Totale complessivo delle travate e degli accessori quali furono eseguiti . . .	Chil.	6,722,755. 00
ossia per metro lineare circa.	«	8,810. 00

A parte le fondazioni e la soprastruttura delle pile, spalle e retrospalle, non che gli accessi, il costo delle travate metalliche cogli accessori fu il seguente:

1. Travate metalliche compresa l' impalcatura	L.	4,277,349. 78
2. Lavori e provviste diverse accessorie. .	»	55,725. 43
Totale	L.	4,333,075. 21

Quindi il prezzo medio generale di ogni chilog. di ferro in opera risulterebbe in lire 0, 77 circa.

Riepilogo. — Riepilogando quanto si è accennato intorno alla spesa effettivamente incontrata per le sole opere del ponte si avrà:

1. Importo di fondazioni e soprastruttura delle pile, spalle e retrospalle	L. 2,964,807. 90
2. Importo degli accessi e difese delle spalle e retrospalle	» 410,243. 51
3. Travate metalliche e provviste accessorie	» 4,333,075. 21
Totale della spesa	L. 7,708,126. 62

Il ponte co' suoi accessi avendo, come già fu accennato, la complessiva lunghezza di m. 824,00, il suo costo per metro lineare è di lire 9,354. 52 ripartito come segue:

1. Per fondazione e soprastruttura delle pile, spalle e retrospalle in complesso:

Per fondazione . . .	2891. 13	3598. 05 ossia p. %	0. 31	0. 38
Sopra elevazione . .	706. 92		0. 07	
2. Per gli accessi e difese delle spalle e retrospalle		497. 87	id.	0. 05
3. Per le travate metalliche e gli accessori		5258. 60	id.	0. 57
Totale		9354. 52	id.	1. 00

Dopo essersi riepilogata la spesa occorsa nella costruzione del ponte e nelle opere accessorie non tornerà inopportuno il seguente

PROSPETTO *dei dati e risultati più interessanti riflettenti la costruzione del ponte tubolare sul Po presso Mezzanacorti ed opere accessorie.*

Lunghezza del ponte compresi gli edifizi d'accesso	M. 824. 00
» fra gli estremi del ponte	» 763. 05
» fra le due spalle	» 758. 40
Apertura netta complessiva delle 10 campate	» 725. 00
» di ognuna delle 10 campate	» 72. 50

1. Pile e spalle. — Fondazioni.

Cassoni — pila centrale — pile normali e due spalle . . . . N° 11. 00
Approfondamento massimo raggiunto co' cassoni al disotto delle massime magre. . . . . M. 21. 00
Approfondamento minimo . . . . . » 18. 50
« medio . . . . . » 19. 75

Strato generale del terreno al piano di posa — *sabbia cilestra con ghiaia.*

Cominciato l' affondamento dei cassoni il 1° aprile 1865.

Ultimato il 7 ottobre 1865 ossia giorni di lavoro. . . . . N° 190. 00
Abbassamento medio giornaliero . . . . . M. 1. 10
Sterri { eseguiti coll' aria compressa . . . . M³ 17177 / « co' mezzi ordinari . . . . . » 6844 } M³ 24,021. 00
« media giornaliera . . . . . » 126. 42
Locomobili della forza ciascuna di 16 cavalli-vapore di 75 chig.tri impiegate nella compressione dell' aria . . . . . N° 5. 00
Ore di azione delle suddette locomobili . . . . . » 11,520. 00
Aria compressa. . . . . M³ 1,944,803. 00
« occorsa per ogni M³ di sterro . . . . . » 83. 00
« occorsa per ogni m. L. di approfondamento » 9,499. 00

Locomobili per la presa e spinta dell' acqua nei compressori idraulici della forza di 8 cavalli-vapore ciascuna . . . . N° 2. 00
Acqua impiegata all'elevazione degli sterri (media di 19, 75) sotto il carico di 10 atmosfere . . . . . M³ 13,308. 00
Acqua impiegata per l' elevazione di un M³ di sterro alla stessa altezza media di 19,75. . . . . » 0. 415
Lavoro ottenuto per l' elevazione alla suddetta altezza media di tutte le materie di sterro . . . . . Chgtri. 700,804,440. 00
Carbone consumato . . . . . Chil. 600,000. 00
» per la compressione di un m. c. d' aria . . . . » 0. 25
» » d' acqua . . . . . » 1. 27

Grue meccaniche da otto tonnellate impiegate durante la costruzione del ponte . . . . . N° 5. 00
Grue meccaniche da cinque tonnellate impiegate durante la costruzione del ponte . . . . . » 4. 00

2. Retrospalle — Fondazioni.

Cassoni . . . . . N° 8. 00
Approfondamento totale d' ogni cassone sotto lo zero dell' idrometro. . . . . M. 13. 00
Cominciato l' affondamento dei cassoni il 24 marzo 1866.
Ultimato il 22 maggio 1866. — Giorni di lavoro . . . . . N. 60. 00
Approfondamento medio giornaliero. . . . . M. 1. 73
Sterri { eseguiti coll' aria compressa . . . . . M³ 1729 / » coi mezzi ordinari . . . . . » 1551 } 3,280. 00
» eseguiti in media giornaliera . . . . . M³ 54. 67
Carbone consumato . . . . . Chil. 110,000. 00

3. Pile, Spalle e Retrospalle — Fondazioni e Soprafondazioni.

Ferro impiegato nei cassoni	Pile e spalle . .	966,525. 00	1,211 ,200. 00
	Retrospalle . .	244,675. 00	
Muratura in calcestruzzo	M³	5,582. 00	
« in mattoni.	»	20,592. 00	
« in granito	»	1,483. 431	
			27,657. 431

4. Impalcatura metallica.

Lunghezza complessiva delle due travate metalliche, diffalcato l'intervallo di 0m,50 sulla pila centrale	M.	762. 55
Lunghezza complessiva di ognuna delle grandi travate.	»	381. 225
Cominciato il collocamento dei ferri il 6 agosto 1865, compito il 24 agosto 1866, giorni di lavoro.	N.	384. 00
Peso totale del ferro impiegato, non compreso quello per l'armamento dei due binari	Chilog. 5,280,900. 00	
Peso totale della ghisa	« 235,400. 00	
		5,516,300. 00
Peso medio del metallo posto in opera in una campata	Chilog.	551,630. 00
Peso medio per metro corrente di campata	»	7,258. 29
» per giorno di lavoro	»	15,154. 67
Chiodi impiegati nell'impalcatura metallica	N.	896,681. 00
Chiodi ribaditi in opera al cantiere	»	665,417. 00
» » mediamente per giorno di lavoro. . . .	»	1,828. 00
Legname quercia nell'impalcatura inferiore.	M³	535. 00
Inghiaiamento	»	330. 00
Peso totale delle travate, compresi gli accessori dell'armamento e del tavolato	Tonn.	6,722. 755

5. Pressione al piano di fondazione di una pila normale, ammessa la profondità media di 19,75.

Peso proprio della pila coll'impalcatura. . .	Tonn. 4,371. 00	
Carico di prova per la ferrovia	» 608. 80	
« per la strada provinciale	» 286. 00	
Carico totale al piano di fondazione d'una pila	T. 5,265. 80	5,265. 80
Carico medio per ogni metro quadrato di fondazione . .		Tonn. 68. 15

6. Piazzali di accesso e Strade Alzaie.

Scavi di terra per fondazioni	M³	19,400. 00
Pali infissi per la fondazione dei rivestimenti	N.	532. 00
Legname per paratie	M³	158. 00
Calcestruzzo per fondazioni.	»	893. 00
« per rivestimento.	»	3,100. 00
Terre in rilevato	»	67,000. 00
Gettata di fascinoni	»	4,470. 00
Prismi in gettata ed in rivestimento	»	7,400. 00

7. Giornate di Operai.

Giornate impiegate sul cantiere dal principio al compimento dell'opera . . . . . N. 219,442. 00

8. Materiali occorsi nella costruzione.

Quadrelli o mattoni	N.	7,000,000. 00
Calce di Casale	Tonn.	2,890. 00
« di Palazzolo	»	638. 00
Cemento *Valentine*	»	25. 60
» di Bergamo	»	500. 00
Ghiaia	M^3	9,700. 00
Ciottoli spaccati	»	3,300. 00
Sabbia	»	10,500. 00

Strada carrozzabile superiormente alla Ferrovia. — A compimento del ponte sul Po mancherebbero, giusta le disposizioni e lo scopo del progetto approvato, le opere necessarie a renderlo anche atto al varco dei rotanti comuni.

A tal fine, e per quanto spetta alla Società, non resterebbe che mettere in opera il doppio tavolato della via superiore, pel che già possiede in parte gli occorrenti legnami, e di compiere la costruzione degli edificii d'accesso, dei quali già trovansi ultimate le fondazioni fino al piano di regolamento, ossia sino alla piattaforma stradale della ferrovia.

Ma siccome ciò fatto mancherebbero ancora le rampe d'accesso ai piazzali della via superiore e le nuove tratte di strada necessarie a mettere in comunicazione le dette rampe coll' attuale strada provinciale fra Voghera e Pavia, e siccome verte quistione sulla competenza passiva della relativa spesa di esecuzione, la quale con regolare progetto fu valutata di L. 720,000, così, sul dubbio che la costruzione di dette rampe e nuove tratte di strada provinciale debba andare differita per lungo tempo, la Società, prima d'impegnarsi in nuove infruttuose spese, sta attendendo che la insorta questione sia definitivamente risolta.

Prove di collaudazione del ponte. — Prima di porre termine a queste sommarie notizie sulla costruzione del ponte di Mezzanacorti rimane che si faccia cenno dei risultati delle prove sta-

tiche e dinamiche, alle quali fu lo stesso edifizio assoggettato avanti di aprire all'esercizio la linea Voghera - Pavia, di cui fa parte.

Abbenchè dal sovra esposto risulti che ogni opera attinente al detto ponte si trovava intieramente compiuta sino dal dicembre 1866, tuttavia, in causa dei lavori che rimanevano ad eseguirsi per la deviazione del Po e pel chiudimento del vecchio alveo, le prove di collaudazione non poterono aver luogo che nel settembre 1867.

Il Decreto ministeriale del 2 gennaio 1865 stabiliva che ad opera finita il ponte dovesse essere sottoposto a prove statica e dinamica, consistenti la prima in un sovraccarico uniformemente distribuito su tutta l' estensione del ponte e su una parte delle travate in ragione di 8 tonnellate per metro corrente di via, e la seconda in reiterati passaggi di treni equivalenti in peso al suddetto carico di prova colla velocità di 20 chilom. almeno all' ora.

Da tali prove non solo dovea risultare che l' opera andasse esente da qualsivoglia guasto, rottura o spostamento di parti, ma doveva anche essere esclusa qualunque inflessione permanente ed assicurato il pieno ristabilimento di quelle parti che avessero ceduto sotto l' azione dei carichi di esperimento.

La saetta di tali inflessioni nelle travate non dovea mai, in ogni caso, sorpassare l'$\frac{1}{1500}$ dell' apertura netta delle travate medesime.

Non isfuggirà certamente la difficoltà somma che doveva presentare la riunione sul ponte di un peso statico e dinamico di tanto rilievo, disposto in maniera da compiere rigorosamente le prove prescritte con piena soddisfazione della Commissione tecnica che il Governo aveva a tal uopo delegata.

Ma anche una tale difficoltà fu superata mercè il considerevole materiale di cui la Società disponeva nei suoi magazzini ed officine di Pavia, sussidiato da altro di cui fu richiesta l'Impresa costruttrice del tronco di ferrovia Pavia-Voghera.

Si è perciò composto il carico di prova per due travate nel seguente modo:

Ruotaie N° 1900 del peso di . .	tonn.	418. 00
N° 7 locomotive . . . . . , . . .	»	328. 00
N° 50 vagoni carichi di ghiaia . . .	»	510. 00
N° 4 id. di minuto ferro	»	54. 00
Totale	Tonn.	1310. 00

Questo materiale, distribuito su due travate della lunghezza netta complessiva di $74 \times 2 = 148^m$, diede per metro lineare:

Peso fisso $\frac{418}{148}$ . . . . . - .	Tonn.	2. 820
Peso del materiale mobile	»	6. 002
	Tonn.	8. 822
A cui aggiungendo il peso della ghiaia per metro corrente	»	0. 789
Si avevano in totale	Tonn.	9. 611

Avuto il debito riguardo alle diverse lunghezze di veicoli carichi, perchè colla loro distribuzione la lunghezza del treno riuscisse sempre pari a quella delle travate, furono i medesimi suddivisi in quattro treni come segue:

1° Treno sul binario di destra — 1ª Travata	N° 2 locomotive	M.	26.00
	» 1 vagone carico di ferro	»	6.00
	» 11 id. di ghiaia. . .	»	42.00
	TOTALE . . .	M.	74.00
2° id. id. di sinistra — id.	N° 1 locomotiva	M.	13.50
	» 3 vagoni carichi di ferro	»	18.00
	» 12 id. di ghiaia	»	42.50
	TOTALE . . .	M.	74.00
3° id. id. di destra — 2ª Travata	N° 14 vagoni carichi di ghiaia	M.	49.00
	» 2 locomotive.	»	25.00
	TOTALE . . .	M.	74.00
4° id. id. di sinistra — id.	N° 13 vagoni carichi di ghiaia	M.	47.00
	» 2 locomotive.	»	27.00
	TOTALE . . .	M.	74.00

La composizione di tali treni servì per le prove statiche. Per le prove dinamiche il carico fu composto come segue:

Sei macchine formanti treno della lunghezza delle travate per metro corrente carico	Tonn. 3. 640
Vagoni di ghiaia per metro corrente carico $\frac{10.20}{3.70} =$.	» 2. 750
Rotaie	» 2. 820
Totale	Tonn. 9. 210

Le flessioni constatate per mezzo di aste verticali fissate alla metà delle travate, e scorrenti in senso verticale contro altre aste o piuoli confitti nel terreno del sottostante alveo, risultano dal seguente quadro:

DESIGNAZIONE DELLE PROVE	TRAVATE I monte	I valle	II monte	II valle	III monte	III valle	IV monte	IV valle	VII monte	VII valle	VIII monte	VIII valle	IX monte	IX valle	X monte	X valle	ANNOTAZIONI
1° Carico fisso di 9620 ch. per metro corrente sulle travate I e II.	— 21	— 20	— 21	—21 1/2	+ 1/2	+ 1/2	— 8	— 11	»	»	»	»	»	»	»	»	Le cifre sono espresse in millimetri; il segno — indica gli abbassamenti, e quello + gli innalzamenti sulla orizzontale stabilita mediante piuoli infissi nel terreno sottostante al ponte.
2° Carico di ch. 2820 per metro corrente sulle travate I e II e di ch. 6200 per metro corrente sulle travate III e IV.	— 8	— 6	—7 1/2	— 7	—13 1/2	—13 1/2	—19 1/2	— 22	»	»	»	»	»	»	»	»	
3° Carico di ch. 2820 per metro corrente sulle travate I e II.	— 8	— 6	— 11	— 12	— 3	— 3	— 8	—11 1/2	»	»	»	»	»	»	»	»	
4° Carico di ch. 6002 per metro corr. sulle travate IX e X.	»	»	»	»	»	»	»	»	— 1/2	»	+ 3	+ 3	—11	—11	—11	—12	Nei controcitati pesi non vennero calcolati chil. 1000 di ghiaia per metro corrente sul tavolato del ponte non stati compresi nei calcoli uniti al progetto approvato dal Ministero.
5° Carico di ch. 6002 per metro corr. sulle travate VII e VIII.	»	»	»	»	»	»	»	»	—11 1/2	—10 1/2	—11	—10	+ 3	+ 3	— 2	— 1	
6° Carico di ch. 2820 per metro corrente sulla travata 1; di ch. 6002 per metro corrente sulla travata II; e di ch. 3001 per metro corr. sulla travata III; e peso ruotante con convoglio lungo metri 152 del peso di ch. 3001 al metro corr. a corsa ordinaria sul binario a monte.	— 10	—9 1/2	— 22	—23 1/2	— 14	— 14	— 12	—14 1/2	»	»	»	»	»	»	»	»	Mancano le osservazioni corrispondenti alle trovate V e VI sovrastanti al nuovo canale, perchè la violenza della corrente impedì lo stabilimento delle aste.
7° Carico di ch. 6002 per metro corrente sulle travate I e II e peso ruotante come precedentemente.	—21 1/2	— 20	— 22	—23 1/2	— 13	— 12	— 14	—15 1/2	»	»	»	»	»	»	»	»	
8° Carico di ch. 5570 per metro corrente sulle travate I e II e carico ruotante a grande velocità con 6 macchine sul binario a monte del ponte, complessivamente di chil. 288000, ossia tonnellate 3.64 per metro corrente.	— 24	— 21	— 25	—20 1/2	— 14	—12 1/2	— 18	— 17	»	»	»	»	»	»	»	»	La prova venne ripetuta colle medesime condizioni e si ottennero le cifre di contro.
	— 24	— 21	— 26	—20 1/2	— 14	—12 1/2	—17 1/2	— 17	»	»	»	»	»	»	»	»	

Dal quadro che precede rilevasi come la massima delle flessioni abbia avuto luogo nella prova dinamica sulla 2ª travata ove la freccia constatata fu di millim. 26.

Ora ritenuta di 74ᵐ l'apertura netta delle travate (è di 74ᵐ,08 per le 1ª e 10ª; di 73ᵐ,80 per le 5ª e 6ª; di 73ᵐ,10 per le 2ª, 3ª, 4ª, 7ª e 9ª) la massima freccia ammessa dal Decreto ministeriale 2 gennaio 1865 essendo di $\frac{74}{1500}$, ossia di 0,0494, ne conseguirebbe che nelle prove come sopra eseguite la flessione massima avrebbe superato di poco la metà della prevista.

Con sì splendidì risultati, cui fece plauso la sullodata Commissione governativa, venivano coronate le cure incessanti della Direzione Generale delle Ferrovie meridionali per la sollecita ultimazione e perfetta riuscita di questo ponte monumentale, la somma attività e maestria con cui l'Impresa costruttrice seppe adempiere agli assunti impegni, le fatiche infine e le cure, certamente non lievi, che per due anni ebbero a sostenere il personale tecnico della Società e quello dell'Impresa suddetta, rispettivamente incaricati della direzione, condotta e vigilanza di questa che può a giusto titolo annoverarsi fra le più grandiose opere d'arte state costruite in Italia.

Nuova inalveazione del Po e relative opere di difesa.

Nei cenni preliminari si è già detto come, a seguito d'insistenti reclami dei Comuni e Consorzi interessati e della Deputazione Provinciale di Pavia, il tracciato della ferrovia Voghera-Brescia, nella traversata del Po, e la posizione da darsi al ponte tubolare siano stati, conformemente al parere di una Commissione tecnica nominata dal Ministero dei Lavori Pubblici, determinati per modo da rendere necessaria la rettificazione d'un tratto del corso del fiume.

La Commissione, nel far le sue proposte, ebbe in vista e di guarentire il buon regime del Po nel sito del costruendo edificio, e di ottenere la possibile maggior sicurezza per la stabilità di -

questo, fissandone la posizione a cavaliere ed in senso prossimamente normale alla direttrice generale di un notevole tratto del corso del fiume. La Commissione riteneva inoltre che, a parte i vantaggi inerenti ad un alveo più stabile e più diretto sotto del nuovo ponte, il proposto tracciato dovesse, ad onta della grave operazione idraulica cui avrebbe dato luogo, riuscire pur conveniente alla Società dal lato economico, e ciò per le seguenti ragioni:

1° Perchè il ponte si sarebbe costruito fuori d'acqua e così con minori pericoli e minori danni pendente i lavori;

2° Perchè dagli scavi del nuovo canale si sarebbero ricavate materie sufficienti alla formazione di considerevoli rilevati della ferrovia;

3° Per l'acquisto che faceva la Società dell'alveo abbandonato.

Tutto ciò però riuscì invece di nessuno o ben poco vantaggio per la Società, sia perchè quando intervenne l'approvazione definitiva del tracciato della ferrovia nella traversata del Po già era stato, come si disse, stipulato il contratto colla casa Gouin pella costruzione del ponte in altra località, cosicchè ogni vantaggio derivante dalla nuova posizione del medesimo fu tutto a favore dell'Impresa costruttrice, sia perchè la distanza degli scavi del canale eliminò ogni convenienza di far servire le materie dai medesimi estratte pei rilevati della ferrovia, sia infine perchè l'acquisto dell'alveo abbandonato si ridusse sostanzialmente a ben poca cosa. E difatti, dato pure che la Società potesse rivendicare la proprietà di tutta la zona costituente la *ragione fluviale* del canale abbandonato, il correspettivo che se ne potrebbe ricavare non rappresenterebbe che $\frac{1}{30}$ circa della complessiva spesa ch'essa ha dovuto sopportare per la nuova inalveazione e per le relative opere di difesa.

Del resto, fatta astrazione dai vantaggi economici, altri se ne ottennero e sono di grande rilievo, quelli cioè di avere un alveo stabile sotto il ponte e quindi una maggiore sicurezza di questo e delle adiacenti tratte di ferrovia.

Premesi questi cenni sui motivi che concorsero a far prevalere nei consigli del Ministero dei Lavori Pubblici il tracciato surriferito, pel quale si rese necessaria una parziale rettificazione del Po, si daranno ora le notizie, che maggiormente possono interessare, sugl'importanti lavori stati per ciò felicemente compiuti.

Il progetto definitivo della nuova inalveazione e delle opere accessorie di difesa fu presentato il 6 dicembre 1865, e la sua approvazione venne accordata con decreto ministeriale del 27 successivo marzo.

Le opere in esso progetto contemplate si riassumevano nelle seguenti (Tav. VII):

1° Apertura di un canale d'invito secondo la direttrice generale del fiume, fissato nel decreto ministeriale del 28 ottobre 1864;

2° Costruzione di una chiusa provvisoria attraverso il vecchio alveo presso l'imbocco del nuovo canale per facilitare la direzione in questo delle acque del fiume;

3° Costruzione di una nuova tratta d'argine contenitore a destra, ed in suo prolungamento sistemazione del vecchio argine contenitore sino all'abitato di Bastida Pancarana;

4° Rialzamento e sistemazione di un tratto d'argine a destra sponda, compreso fra il suddetto argine contenitore e la ferrovia;

5° Costruzione di un argine a martello a sponda sinistra;

6° Rialzamento e sistemazione di due arginature a sponda sinistra, dette dei *Ronchi* e dei *Rami*.

In seguito alla pubblicazione del suaccennato progetto nuovi reclami si elevarono da quelli stessi consorzi e Comuni che aveano caldeggiato per la rettificazione del corso del fiume, a far tacere i quali altre opere dovettero essere progettate, a complemento delle surriferite; esse sono le seguenti:

a) Prolungamento della sistemazione dell'argine contenitore di destra fra l'abitato di Bastida Pancarana ed il torrentello

Luria, cioè sino alla distanza di m. 5400,00 dal piazzale destro del ponte da cui prende origine lo stesso argine contenitore;

b) Rialzamento, ingrossamento e sistemazione delle arginature a sponda sinistra dette della *Volpara, Luisiana* e *Canalmorto* facenti capo alla costa di Zinasco distante dall'argine ferroviario metri 9750,00;

c) Apertura d'un tratto di cavo colatore con acquedotto a doppia luce sotto la ferrovia per lo scarico degli scoli del Roggiolo di Sommo.

Un' altra arginatura in 2ª linea si doveva rialzare e sistemare a sinistra sponda, quella cioè detta di *Ribocco,* o *Travedo,* compresa fra le due costiere di Zinasco e di Sommo. La Società, benchè non potesse riconoscere alcun obbligo da parte sua per l'eseguimento di tale opera, consentì ad una transazione, mercè cui, e col pagamento di una determinata somma, si liberò da ogni relativa molestia e responsabilità.

La Società potè anche esimersi dalla sistemazione del tratto d'argine consortile a sponda destra, indicato al num. 4 delle opere previste nel progetto principale d'inalveazione. La eliminazione di quel lavoro fu la naturale conseguenza della soppressione dell'apertura di metri 320,00 che, a'termini del Decreto ministeriale 27 marzo 1866, doveva essere lasciata nel nuovo argine contenitore di destra a metri 200 dal suo raccordamento col piazzale d'accesso al ponte.

Tale apertura era stata prescritta per dare scolo alle acque di piena nel caso che, per rotture d' argini superiormente alle tratte sistemate, le acque di espansione si fossero appoggiate al corpo stradale della ferrovia. Ma le persistenti opposizioni di tutti i Comuni, Consorzi d' argini e proprietarii di terreni a sponda destra non poterono essere vinte se non colla soppressione di detta apertura. Essendosi pertanto dovuto eseguire l'argine contenitore, integralmente e senza interruzione alcuna, cessò il bisogno di sistemare il tratto succitato d'argine consortile.

Le arginature, che la Società delle ferrovie Meridionali ha costruito a nuovo, o sistemato, rappresentate nel piano generale e descritte particolarmente nella Tav. VII dei disegni, sono le seguenti:

1°	Argine contenitore di destra, in parte nuovo ed in parte sistemato, sviluppo complessivo . . .	M^i.	5400. 00
2°	Argine a martello di sinistra, nuovo. . . .	»	350. 00
3°	Arginature consortili di sinistra — *Volpara, Luisiana* e *Canalmorto* — sistemate	»	9750. 00
4°	Id. *dei Ronchi* sistemata	»	2200. 00
5°	Id. *dei Rami* Id.	»	1100. 00
	Totale sviluppo . .	M^i.	18,800. 00

Con riserva di ritornare sull' argomento di dette arginature, basterà lo averle qui accennate onde fin d'ora appaiano l'importanza e l'estensione degli studii, che si resero necessarii pella compilazione dei progetti relativi alla nuova inalveazione.

Nuovo Canale. — Benchè il progetto di nuova inalveazione fosse stato, come già si disse, approvato sin dal 27 marzo 1866, i relativi lavori non poterono però essere intrapresi che il 26 giugno dello stesso anno, ossia tre mesi dopo, essendosi dovuto impiegare questo periodo di tempo nel dar esito ai reclami, e compimento alle prescritte molteplici pubblicazioni concernenti i progetti e le espropriazioni.

Il piano generale, di cui nella Tav. VII, indica chiaramente i limiti delle espropriazioni che si resero necessarie per far luogo al nuovo alveo del Po; limiti, che, a seconda delle prescrizioni governative, furono pattuiti e stabiliti in modo da non poter essere in nessun tempo e per titolo qualsiasi oltrepassati.

La superficie espropriata entro i limiti suddetti fu di ettari 166 circa.

Il nuovo canale doveva, a termini del progetto e del decreto d'approvazione, avere la larghezza normale di m. 120, con una tratta superiore verso l'imbocco conformata ad imbuto. La sua lunghezza fra l'imbocco e lo sbocco risultando di m. 2018 con

un dislivello assoluto di 0,61, la pendenza per metro doveva riescire di circa 0,0003.

Siccome però i rilievi di campagna, che servirono alla compilazione del progetto definitivo, erano stati per la massima parte compiuti nell'estate del 1865, le condizioni del nuovo canale trovaronsi all' atto d' esecuzione dei lavori sensibilmente mutate. Infatti nel giugno del 1866 la lunghezza del canale non risultò sull' asse che di soli m. 1850, la pendenza assoluta fra l'imbocco e lo sbocco allo stato di massima magra di $0^m,76$ e così la pendenza per metro di 0,00041.

Fu questo, per le condizioni del nuovo canale, un notevole miglioramento che si dovette unicamente alle piene autunnali e primaverili avvenute nel periodo che corse dalle operazioni del progetto allo incominciamento dei lavori.

Per contro, ed è facile il rilevarlo se attentamente si esamini il piano generale della località, l'insenatura per corrosione della sponda destra di contro alle cascine di S. Rocco e di S. Caterina essendo notevolmente aumentata in conseguenza delle piene suddette, l'imbocco del nuovo canale, al cominciamento dei lavori, presentossi assai meno favorevole di quello che lo era al tempo delle operazioni del progetto.

Quest'ultima circostanza rendeva evidentemente necessario qualche ripiego per cui si potesse controbilanciare l' effetto del suaccennato protendimento di lunata, e questo ripiego non poteva essere che quello di divergere sensibilmente la linea d'imbuto a sponda destra del nuovo canale in guisa da farlo collimare tangenzialmente col vertice della curva formata dalla insenatura suddetta.

Tale spediente richiedendo un aumento sensibile nell'ampiezza d'imbocco del nuovo canale, laddove appunto, per la naturale configurazione del terreno più elevato, era il piano di campagna sul livello delle magre del Po, ne conseguiva pur anche un notevole aumento nel volume degli scavi.

E poichè dall'incominciamento dei lavori alle piene autun-

nali non potevasi fare assegnamento su d' un tempo maggiore di tre mesi, era mestieri controbilanciare il predetto aumento con una diminuzione di scavi nella tratta di canale a larghezza normale, se pur volevasi tentare la deviazione del fiume coll'aiuto delle grandi piene d'autunno.

A tale effetto si tracciò il nuovo canale della larghezza normale di metri 80,00, conformandone l'imbocco ad imbuto con tale ampiezza che corrispondesse alle nuove condizioni della lunata superiore; ampiezza che risultò nel suo massimo di metri 160,00.

La profondità del canale doveva essere portata al livello delle magre, salvo ad eseguire un cunettone centrale secondo le prescrizioni del decreto 27 marzo 1865, cioè della larghezza di 15^m,00 in base, e della profondità di 1^m,50 sotto le magre ordinarie, ossia di 1^m,00 sotto le massime magre.

Per aprire il nuovo canale nelle suaccennate condizioni di larghezza e profondità occorreva uno sterro che, malgrado le adottate riduzioni, non montava a meno di 700,000 metri cubi, per cui e ritenuto che, come si è constatato in quella località, ogni operaio poteva in media scavare e trasportare metri cubi 5,00 di materia per giorno, rendevasi necessaria l' opera giornaliera di non meno di 1,500 operai in media, perchè gli scavi potessero essere compiuti prima delle piene autunnali.

Ma lo stato di guerra, in cui allora versava il paese, trattenendo sotto le armi le varie classi dei contingenti, per quanto siasi fatto e dall'Impresa costruttrice e dalla Società, il cantiere non potè mai essere popolato di braccianti in proporzione del bisogno, e se il numero di 1500 venne raggiunto lo fu molto tardi e soltanto per pochi giorni.

È poi da notare che, contemporaneamente ai suindicati lavori, doveasi pure provvedere alla costruzione del nuovo tratto d'argine contenitore, indispensabile a guarentire tutti i territori a sponda destra del Po dalle inondazioni in caso di piene, dappoichè la vecchia arginatura che vi esisteva andava ad essere manomessa cogli scavi d' apertura del nuovo canale.

In questa operazione, ch'era non meno urgente, si dovette necessariamente impiegare buon numero di operai, togliendoli dai lavori del nuovo canale, cosicchè, al sopravvenire della precoce piena dal 25 al 26 settembre, lo scavo non era compiuto che per una sola metà, e sulla direzione del nuovo canale altro non aveasi che una serie di cave senza continuità di comunicazione fra loro e non ancora spinte che in parte alla profondità delle magre ordinarie.

Ciò non di meno avendo la piena suddetta, che raggiunse l'altezza di m. 5,00 sulle magre, distrutto i ritegni fra cava e cava e spianato, per oltre la larghezza di $100^{m},00$, la zona di terreno, che ancora restava fra il vecchio canale e gli scavi del nuovo, un notevole ramo del fiume si diresse con discreta velocità nell'aperto canale, ove avrebbe prodotto rilevanti dilatamenti ed approfondimenti se la piena stessa non fosse stata di troppo breve durata.

Il nuovo canale, mentre ne andò notevolmente scavato nella sua parte superiore, laddove cioè trovavasi aperto in ristretta sezione ed i depositi delle terre escavate tenevano le acque riunite, ebbe per contro qualche interrimento nelle tratte inferiori presso il ponte, ove a maggior distanza eransi fatti i depositi delle terre escavate. In complesso però, e malgrado le sfavorevoli condizioni in cui fu côlto, la piena gli recò anzi che no dei vantaggi, essendovisi dopo di essa constatata una differenza di circa 30,000 metri cubi di scavo operato dal fiume in più di ciò che vi aveva prodotto d'interrimento. Cessata la piena si ripigliarono tosto i lavori, ma i medesimi non poterono avere un ragguardevole sviluppo che verso la metà dell'ottobre successivo, quando cioè lo stato del fiume consentì di spingere su larga scala l'approfondimento del canale.

Questi lavori continuarono dappoi senza interruzione, quantunque qualche parziale incaglio siavi stato cagionato dal morbo asiatico il quale però, in grazia delle adottate energiche disposizioni, rimase nel suo sviluppo ridotto a minime proporzioni.

Al cadere di novembre gli scavi eseguiti ascendevano a m.^{i} c.^{i} 620,000 circa, per cui il canale trovavasi aperto in tutta la sua estensione sino alle massime magre per una larghezza di 20^{m}, e sino a 0^{m},50 sopra le magre ordinarie per la rimanente di 60^{m},00, senza tener conto della maggiore ampiezza all' imbuto, pure prossimamente ridotto al piano delle magre.

Portati i lavori a questo punto è evidente che una seconda piena, massime se di qualche durata, avrebbe fin d'allora deciso della riuscita della deviazione.

Ma dopo quella di settembre non se n'ebbe più altra in tutto il periodo autunnale, durante il quale, per una combinazione veramente strana, lo stato del fiume si mantenne costantemente in massima magra. Da ciò si trasse profitto per continuare gli abbassamenti ed i dilatamenti del canale, cosicchè in fine di dicembre il volume totale degli scavi ascendeva a circa metri cubi 645,000.

Oramai il periodo delle piene autunnali era trascorso ed erano così svanite le speranze che la immissione del Po nel nuovo canale potesse operarsi per forza naturale. Conveniva quindi ricorrere ai mezzi artificiali e risolutamente adottare un programma di lavori, per cui fosse dato deviare il fiume durante le magre invernali e nel tempo stesso portare le opere di chiudimento del vecchio alveo a tal punto da non poter essere danneggiato dalle piene di primavera, cosicchè, se non al perfetto compimento dei lavori, si potesse almeno, nel giugno 1867, essere giunti a tale grado di avanzamento, che rendesse possibile l' apertura della linea all' esercizio.

Arginature. — Prima di esporre un tale programma ed i mezzi adoperati per attuarlo, converrà far cenno degli altri lavori, che contemporaneamente all' apertura del nuovo canale fu mestieri di condurre a termine.

Questi lavori, affatto indispensabili, erano :

1° La costruzione del nuovo argine contenitore di destra e la sistemazione della tratta d' argine consortile che gli fa se-

guito sino all' abitato di Bastida Pancarana, ove questo già trovavasi di $1^m,00$ circa elevato sulle piene massime;

2° La costruzione dell' argine a martello di sinistra;

3° La sistemazione dell' argine consortile di sinistra detto dei Ronchi.

I lavori suddetti, intrapresi nel luglio 1866, già erano verso la fine di settembre, e prima della piena più volte citata, giunti a tal segno da servire al loro scopo senza che si avessero a temer danni.

Non è da tacere che per agevolare il lavoro dei rivestimenti e delle gettate già sino dal precedente autunno si era intrapresa la provvista di 50,000 prismi di smalto e che questa provvista, la quale raggiunse il considerevole volume di m^3. 23,000 circa di massi, già era nella successiva primavera portata al suo compimento. Ciò stante tutte le arginature suddescritte, compresi i rivestimenti e le gettate prescritti per gli argini a *martello di sinistra e contenitore di destra,* vennero compiutamente ultimate nei mesi di novembre e dicembre 1866.

I rivestimenti e le gettate dell' argine contenitore di destra eransi dapprima limitati a soli m. 100 di fuga a partire dal ponte; ma nella primavera successiva la loro lunghezza venne duplicata.

Vuolsi far qui osservare che, come già era avvenuto per le paratie di fondazione dei rivestimenti delle strade alzaie e dei piazzali di contro agli spalloni del ponte, la persistenza delle acque nei cavi di fondazione non consentì neppure per quelle delle suddette arginature di spingerne il piano superiore al livello delle massime magre, ma si dovette tenerlo ad un metro al di sopra. Ciò fu però compensato con abbondanti gettate, le quali stanno, per metro lineare, nelle seguenti proporzioni:

Fascinoni	M.i C.i	9. 00
Prismi e massi di roccia .	«	15. 00
Totale	M.i C.i	24. 00

I fascinoni ed i prismi impiegati, tanto nelle gettate quanto nei rivestimenti delle arginature, sono delle stesse forme e dimensioni di quelli che si adoperarono per i piazzali del ponte e per le strade alzaie.

Nelle gettate si fece anche uso di massi di roccia viva, ricavati dalle colline di Casteggio, ma in quantità minore dei prismi a cagione sia della difficoltà della loro estrazione sia della distanza dei luoghi ove si faceva.

Le quantità di gettate, che furono impiegate nell' argine a martello di sinistra ed in quello contenitore di destra nella prima tratta di 200 metri a partire dai piazzali di accesso al ponte, sono le seguenti:

Argine a martello di sinistra	fascinoni . .	M.i C.i	5,544. 95	13,456. 95
	massi di roccia .	«	2,870. 00	
	prismi	«	5,042. 00	
Argine contenitore di destra	fascinoni . . .	«	2,006. 00	4,795. 54
	massi di roccia .	«	791. 54	
	prismi	«	1,998. 00	
	Totale	M.i C.i	18,252. 49	18,252. 49

Lo sviluppo delle gettate per l'argine a martello essendo di m. 520, e di 200 quello dell'argine contenitore di destra, e così in complesso di 720', ne deriva che il suddetto totale di metri cubi 18,252. 49 corrisponde alla media ragguagliata di circa m.i c.i 24, come dianzi fu avvertito.

Per le paratie di fondazione si seguì lo stesso sistema, che si era osservato pei piazzali d'accesso e pelle strade alzaie contro le spalle del ponte, con questa differenza, che il calcestruzzo fu limitato in altezza a m. 2, al che corrispose la riduzione di un metro nella lunghezza dei pali e dei tavoloni. Inoltre pel rivestimento delle arginature furono addottati anche i mattoni e gli scapoli di pietra viva, i primi nel doppio fine di utilizzare in parte l'eccellente materiale laterizio, ch'era sopravvanzato dalla costruzione del ponte, e di accellerare il lavoro, i secondi

per trarre profitto dalle pietre che stante l'insufficiente loro grossezza non avevano potuto essere impiegate nelle gettate.

All'oggetto poi d'impedire che accadendo cedimenti nel corpo d'argine i guasti prendessero notevoli estensioni nei rivestimenti in scapoli, si addottarono di 10 in 10 metri delle *briglie* o ritegni in muratura laterizia di $0^m,54$ di larghezza.

Le grossezze dei rivestimenti furono:

in prismi . . .	M.^{i} 0, 50
in mattoni . . .	« 0, 42
in scapoli	« 0, 30

Le arginature consortili a sponda sinistra, dette della *Volpara*, della *Luisiana*, del *Canal morto* e dei *Rami*, ed il tratto d'argine, pure consortile, a destra fra l'abitato di Bastida Pancarana ed il torrente Luria furono eseguiti nel corso delle due stagioni di primavera ed estate del 1867.

Tanto le arginature costruite a nuovo, quanto quelle semplicemente sistemate, hanno il ciglio superiore costantemente elevato di $1^m,50$ sopra le massime piene. Egli è perciò che nella loro altimetria longitudinale seguono la stessa pendenza del fiume, ritenuta in tempo di piena di $0^m,25$ per chilometro.

La seguente tabella può fornire un concetto esatto dei lavori occorsi per le suddette costruzioni e sistemazioni.

INDICAZIONE delle ARGINATURE	MOVIMENTI di TERRA	SEMINAGIONI	PARATIE DI FONDAZIONE		CALCE-STRUZZO in fondazione	RIVESTIMENTI in			GETTATE in		
			pali	filagne e tavoloni		prismi	mattoni	scapoli	fascinoni	massi di roccia	prismi
	metri cubi	metri quadrati	num.	metri cubi	metri cubi	metri cubi	m. superfic.	metri cubi	metri cubi	metri cubi	metri cubi
Argine contenitore di destra	150,906.71	36,780.96	197	103.51	528.97	1,177.47	37.62	131.58	2,006.00	791.54	1,998.00
Id. a martello di sinistra	52,278.80	1,399.84	496	255.49	1,325.06	1,129.18	3,235.69	1,469.24	5,544.95	2,870.00	5,042.00
Id. consortile *dei Ronchi*	57,070.73	28,549.95	»	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »
Id. » *dei Rami* .	15,522.59	11,093.48	»	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »
Id. » *di Volpara, Luisiana e Canal morto*	115,420.00	68,338.04	»	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »
	391,198.83	146,162.27	693	359.00	1,854.03	2,306.65	3,273.31 (a	1,600.82	7,550.95	3,661.54	7,040.00

(*a*) pari a metri cubi 1,374.79

La forma e le dimensioni delle diverse arginature, sia in semplice terra sia coi rispettivi rivestimenti e gettate, risultano chiaramente dalle Tav. VII e IX, per cui sarebbe oziosa l'aggiunta d'ogni altro schiarimento.

Programma dei lavori per la primavera del 1867. — Fatto cenno dei lavori d'arginatura, che contemporaneamente agli scavi del nuovo canale furono compiuti od intrapresi a tutto dicembre del 1866, si passerà a dire delle determinazioni prese e dei lavori attivati dopo il periodo delle piene autunnali dello stesso anno.

Fallita la speranza nelle piene per l'immissione del fiume nel nuovo canale, il programma addottato per la continuazione dei lavori fu questo:

1° Nel mese di gennaio ed in parte di febbraio compiere la chiusa provvisoria in legname al dissotto dell'imbocco del nuovo canale, frattanto che si sarebbero in questo attivati, con *draghe* e badiloni, gli approfondimenti del cunettone centrale;

2° Entro lo stesso mese di febbraio compiere le steccaie, pure in legname, a contegno del rilevato ferroviario nella traversata del vecchio alveo, ed ultimare esso rilevato dalla testata sinistra del ponte sino al punto da lasciare una larghezza di fiume non maggiore di 150 metri;

3° Nel successivo marzo chiudere definitivamente il vecchio alveo col suddetto rilevato e portar questo ad elevazione sufficiente da non poter essere in caso di piene tracimato;

4° Nei mesi di aprile e maggio ultimare lo stesso rilevato e sistemarlo in guisa da potere, sul finire di giugno, aprire la linea all'esercizio.

Il più essenziale per la riuscita di questo programma consisteva, come ben si vede, nella chiusa superiore presso l'imbocco, poichè, in quanto al terrapieno, si ritenevano eliminate le maggiori difficoltà d'esecuzione essendosi, oltre ai mezzi ordinari dei lavoranti con carriuole, organizzato un servizio di trasporto delle terre dalla costa di Cava per mezzo di 2 locomotive e non meno di 50 vagoni.

I lavori ebbero in fatti principio ai primi di gennaio e, malgrado qualche ritardo cagionato dalle solite opposizioni, trovavansi in fine dello stesso mese a tal segno da far sperare bene della loro riuscita.

Non potendosi portare a compimento la chiusa suaccennata senza intercettare la navigazione del fiume, si fecero in tempo le opportune pratiche presso l' Autorità superiore perchè la sospensione ne fosse regolarmente autorizzata dal 5 al 15 febbraio.

La chiusa doveva essere, come lo dimostrano i particolari della tav. VIII, costituita da parecchi filari di pali, fra loro collegati, e da fascinoni interposti ai pali stessi ed in gettata al loro piede sopra e sotto corrente.

È evidente che il miglior modo d' esecuzione quello era di affondare anzitutto i pali e progredire quindi nel getto dei fascinoni per strati generali affine di evitare restringimenti dell' alveo, e le conseguenti scavazioni nel fondo. Tale difatti fu il sistema adottato, essendosi inoltre prescritto di abbondare in gettate di fascinoni più a valle che a monte dei pali, per impedire che questi n' andassero scalzati al piede a cagione del salto d' acqua derivante dall' alzamento del fondo, che sarebbesi ottenuto per mezzo dei fascinoni.

Le mobilissime sabbie, di cui è costituito il fondo del Po in quella località, non avrebbero d' altronde consentito un restringimento dell'alveo oltre a 100 metri senza produrre considerevoli gorghi e rendere perciò più difficile l' infissione dei pali e più incerta la riuscita della chiusa.

Egli è perciò che tornava di tutta necessità che la sospensione della navigazione cominciasse precisamente, come sopra si è detto, dal 5 febbraio, perchè altrimenti bisognava o sospendere il lavoro delle parti laterali di chiusa od esporsi al pregiudizievole restringimento, che dalla sua continuazione sarebbe derivato alla sezione libera del fiume.

Ma malgrado il vivo interessamento su questo argomento spiegato dal Ministero dei Lavori Pubblici, la chiesta sospen-

sione non potè, a cagione delle molte formalità che si dovettero compiere presso l'Autorità provinciale, essere decretata ed avere effetto che dal 10 al 20 febbraio.

Non è a dire di quanti incagli e di quante inquietudini sia stato cagione questo ritardo di cinque giorni poichè, se dannoso tornava il proseguire i lavori, non meno pregiudizievole doveva riuscire il sospenderli. Il partito che si adottò fu di continuarli ma con qualche lentezza, il che non tolse che ne derivasse una sensibile alterazione del fondo: ed infatti le profondità d'acqua, durante i predetti giorni di ritardo, elevaronsi da 6 a 7 metri, mentre la massima primitiva era da 4 a 5.

Sospesa la navigazione furono tosto, malgrado le aumentate difficoltà, compiute le palificazioni, e già un ponte di servizio correva dall'una all'altra parte del fiume ed il getto dei fascinoni progrediva alacremente, quando una repentina piena, avvenuta il 15 febbraio, schiantò una parte della chiusa precisamente nella tratta corrispondente agli ultimi pali infissi, aprendosi un varco di metri 45 circa d'ampiezza.

È notevole come tutta la restante parte di chiusa (che in totale aveva la lunghezza di metri 448) sia rimasta illesa, benchè tracimata dalle acque, le quali invece produssero, in corrispondenza dell'apertasi breccia, delle escavazioni di metri 12 a 14 sotto il livello della massima magra.

Tale guasto non ebbe però mai ad aumentare, sebbene altre piene siano accadute prima che la chiusa venisse consolidata, e sempre incolumi ne sortirono le rimanenti tratte, benchè sorpassate dalle acque.

Frattanto che ciò accadeva alla chiusa CC′, le acque, rotta la diga in terra serviente di separazione fra il vecchio ed il nuovo canale, irruppero violentemente in quest'ultimo, esportando tutti i ponti di servizio per gli operai dragatori, i quali ebbero appena il tempo di mettersi in salvo.

Anche alle steccaie di sostegno del terrapieno ferroviario, intorno a cui si lavorava alacremente, si ebbero alcune palate

svelte; nessun danno però nel rilevato, che già erasi fatto progredire dalla testata sinistra del ponte sino all'incontro del canale vivo, ossia per circa 350^{m},00.

Per tali inattese contrarietà, e per essersi le acque del fiume, dopo la piena del 15 febbraio, mantenute lunga pezza talmente elevate da non permettere una pronta ed efficace ripresa dei lavori, tornava impossibile compiere il divisato sovraesposto programma.

Sarebbe stato per verità un voler troppo rischiare, ed anzi andare incontro a certissimi danni, se, persistendo nella primitiva idea, si fosse tentato in marzo ciò che ragionevolmente e con speranza di buon successo avrebbe solo potuto intraprendersi due mesi innanzi.

Fu pertanto il compimento del suddetto programma rimandato alla stagione estiva ed intanto si stabilì:

1° Di consolidare la chiusa nello stato in cui trovavasi, cioè lasciandovi l'apertura che eravisi formata in conseguenza della piena del febbraio;

2° Di spingere con alacrità gli approfondimenti del nuovo canale affine di renderlo atto alla navigazione;

3° Di compiere le tratte di ferrovia sulle due sponde quanto era necessario perchè, dopo il periodo delle piene primaverili, non vi restasse altro da eseguire che la sola parte corrispondente al vecchio alveo, non ommettendo però di disporre le falde del rilevato contro corrente a grande scarpata con rivestimento di fascinoni in guisa da premunirlo contro ogni dannosa conseguenza in caso di piene nel corso della primavera.

Nuova scavazione di approfondimento e dilatamento del nuovo canale. — A seconda di tali determinazioni si ripresero con grande attività i lavori di approfondimento del nuovo canale e di dilatamento del cunettone centrale onde anche nelle massime magre potesse la navigazione effettuarsi, e piena libertà d'azione rimanesse di operare la chiusura del vecchio alveo tosto che ne fosse giunto il momento opportuno.

A tale scopo fu il cunettone portato, su tutta l'estensione del nuovo canale, ad un'ampiezza di metri 30,00 in media e gli si diede la profondità di metri 1,50 sotto la massima magra, il che richiese non poche cure e persistente lavoro in causa di parecchi banchi di tenacissima argilla da cui era lo stesso canale attraversato.

All'imbocco di questo furono inoltre eseguiti nuovi scavi di approfondimento e di dilatamento, cosicchè nulla venne ommesso di quanto poteva concorrere a migliorarne le condizioni. Infatti, malgrado le replicate escrescenze del fiume le quali, anzi che riuscire di alcun vantaggio, di non poco incagliarono le operazioni, gli scavi eseguiti salivano sul finire di giugno al considerevole volume di m.^{3} 705,963,91, ed ancor prima che s' intraprendessero gli altri lavori di deviazione, le acque del Po già avevano per oltre un terzo presa la direzione del nuovo canale.

Ogni preoccupazione ed ogni cura dovevano pertanto essere ormai rivolte ai lavori di definitiva deviazione del fiume, ed a quelli di chiudimento del vecchio alveo col mezzo del rilevato ferroviario.

Consolidamento della chiusa CC'. — È qui da premettere che già sin dal mese di aprile, e durante gli approfondimenti del nuovo canale, era pure stato eseguito il consolidamento della chiusa CC' colla formazione alle sue teste di due pignoni circolari con pali di 14^m,00 di lunghezza e coi piedi muniti di robuste gettate di fascinoni.

La detta chiusa venne anche per tutta la sua lunghezza compiuta e rinforzata in modo da poter, malgrado la sua apertura, servire di valido sostegno alle acque, durante le escrescenze o piene primaverili, e favorirne così l' immissione nel nuovo canale.

Perchè le teste dei pignoni della stessa chiusa avessero maggior solidità e si trovassero meno esposte ai gorghi, l'apertura netta fra i medesimi fu portata a metri 54 dai 45 che aveva

quella formatasi nelle piene del febbraio. Ciò mediante la chiusa in discorso, non solo più non ebbe a soffrire alcun guasto, ma diede ottimi risultati, in quanto che, sostenendo le acque di piena, oltre ad un sensibile rigurgito in vantaggio della immissione nel nuovo canale, produsse notevoli interrimenti nel vecchio, per cui, se dapprima il fondo di quest' ultimo era di oltre a 3 metri più depresso, di quello del primo, dopo le piene primaverili l'uno e l'altro trovaronsi pressochè conguagliati.

Per tale conguaglio, la massima altezza d'acqua che si riscontrò nel vecchio alveo in prolungamento dell'asse del nuovo essendo stata nel mese di giugno di metri 2,00, questa favorevolissima condizione consigliò la costruzione del repellente RR′ (Tav. VII) prima di cominciare l'otturamento della chiusa CC′, il quale non avrebbe potuto andar scevro di gravi difficoltà stante la profondità del gorgo ivi sempre mantenutosi.

Ma siccome questo gorgo non estendevasi di molto, massime sopra corrente (metri 30,00 a monte e metri 90,00 a valle) così non si tralasciò di preparare, per ogni eventualità, il progetto per l'otturamento dell'apertura suddetta; il quale doveva effettuarsi mediante una coronella disposta quasi in semicerchio e costituita, come il corpo della chiusa, da quattro filari di pali opportunamente collegati fra loro con fascinoni gettati entro gl' interspazii dei pali ed al loro piede.

In seguito però alla felice riuscita del repellente, come si dirà in appresso, il suddetto progetto di otturamento rimase ineseguito.

La profondità del gorgo, al sito dell'apertura suddetta, variando secondo la quantità d'acqua che da essa doveva defluire, per poter giudicare di questa quantità, e conseguentemente del successivo avvantaggiarsi delle condizioni del nuovo canale, si constatò a diversi tempi la profondità delle acque del fiume nelle magre ossia allo zero dell' idrometro, e se ne ebbero i seguenti risultati:

1867	Marzo	5	Profondità	Metri	14,00
»	Aprile	15	Id.	»	12,00
»	Maggio	8	Id.	»	11,00
»	Id.	25	Id.	»	9,00
»	Luglio	20	Id.	»	6,00
»	Id.	25	Id.	»	5,00

È qui da notare che la chiusa di che trattasi, quantunque ridotta a servire ad un fine ben diverso da quello cui era destinata, ha però contribuito efficacemente alla buona riuscita delle altre opere col migliorare le condizioni del nuovo canale e quelle del fondo del vecchio alveo al luogo, dove con fortunato successo venne eseguito il repellente.

L'importanza poi di essa chiusa, per riguardo ai lavori cui diede luogo, potrà essere desunta dai seguenti dati:

Lunghezza comparativa della chiusa . . .	M.	448,00
Id. dedotta l'apertura di metri 54,00 .	»	394,00
Pali di pioppo	N°	594,00
Legname per filagne, puntelli e traverse di collegamento	M^3.	82,52
Fascinoni	M^3.	22718,18
Sacchi ripieni di sabbia	N°	2221,00
Ferramenti	Chilog.	398,56
Movimento di terra	M^3.	3095,92

La Tavola VIII rappresenta la stessa chiusa quale venne eseguita e quindi consolidata a seguito della piena 15 febbraio 1867.

Repellente. — Trascorso il periodo normale delle piene primaverili dovevansi con ogni possa attivare i lavori di deviazione del fiume e di chiudimento del vecchio alveo col rilevato ferroviario, per modo che l'una e l'altra operazione potessero compiersi entro i due mesi di magra estiva, cioè in luglio ed agosto. Era questa una condizione *sine qua non* della riuscita, poichè in settembre comincia il periodo delle piene autunnali, ed una benchè non rilevante escrescenza del fiume avrebbe potuto tutto compromettere.

Si è già detto che da una parte le difficoltà, che presentava l'otturamento della bocca alla chiusa CC′, stante i gorghi ivi constatati, e dall'altra le buone condizioni in cui trovavasi il fondo del vecchio alveo in prolungamento dell'asse del nuovo, furono i motivi, per cui si adottò la costruzione di un repellente. Mercè di esso le acque del fiume venendo sospinte in maggior copia nel nuovo canale, e quindi la *portata* del vecchio rimanendo di molto affievolita, anche la profondità dei gorghi al sito della chiusa doveva farsi minore, e così rendersi in ogni caso più facile e sicuro il suddetto otturamento.

Per gli effetti che si attendevano dal repellente è fuori dubbio che grandemente doveva influire la posizione, che gli sarebbe stata data. Avuto perciò riguardo a tutte le circostanze di località, fu determinato di collocarlo sulla direzione ed in prolungamento dell'asse del nuovo canale.

Tale posizione aveva l'evidente vantaggio di potersi, ove d'uopo, prolungarlo oltre il limite prestabilito, senza andare incontro agli inconvenienti che, pel restringimento della sezione del fiume, si sarebbero in quel caso incontrati quando fosse stato invece collocato più a valle ed all'infuori dell'imbocco del nuovo canale.

Devesi qui far notare una circostanza essenzialissima, ed è che quando furono cominciati i lavori del repellente, mentre la pendenza totale tra l'imbocco e lo sbocco del nuovo canale era uniformemente distribuita su tutta la sua lunghezza, nel vecchio invece la stessa pendenza trovavasi quasi integralmente concentrata nei primi 500^m successivi all'imbocco del nuovo.

Era questa una condizione molto sfavorevole per la deviazione del fiume, imperocchè la naturale sua tendenza a scorrere nell'antico letto, che non poteva non farsi più sensibile a cagione della circostanza anzi citata, sarebbe andata successivamente sempre più aumentando a cagione del dislivello che si sarebbe prodotto fra i due peli d'acqua a monte ed a valle del repellente, a misura dell'avanzamento dei relativi lavori.

In vista di ciò e nello scopo d'impedire le corrosioni, che

avevasi motivo di temere nella vecchia sponda destra allorchè il repellente fosse colla sua testa giunto a breve distanza dalla medesima, si pensò e si pose tosto mano alla costruzione di un *contro-repellente* nella posizione e colla forma che risultano dalla Tavola VII.

Ma nella notte del 13 luglio, ed in seguito a lieve escrescenza del fiume, ne andò esportata la parte che già era stata eseguita, e la sponda, vivamente intaccata dalla corrente, fu corrosa per larga zona come rilevasi dalla Tavola VIII.

Allora fatto riflesso che il ritentare la costruzione del suddetto contro repellente, colla profondità d'acqua di m^{i}. 5,50 che avevasi contro la sponda corrosa, non avrebbe servito che a spreco di tempo e di danaro, non si esitò ad abbandonarne l'idea e si adottò invece il partito di difendere la detta sponda mediante grossi gabbioni ripieni di ciottoli e ghiaia.

Consolidata che si ebbe in tal modo la stessa sponda nulla di meglio poteva farsi che prolungare arditamente il repellente entro l'imbuto del nuovo canale e così, senza pregiudicare per nulla alle future combinazioni, fu ordinato di farlo avanzare per metri 50 circa, ossia sino al punto segnato O sulla pianta della Tav. VIII.

E difatti, portato il repellente al suddetto punto, o la deviazione del fiume riusciva, ed allora più null'altro occorreva, oppure la corrente nuovamente si volgeva con corso retrogrado verso l'antico alveo del fiume, ed in tal caso, scelta una località della sponda sinistra del nuovo canale a terreno resistente e facile a difendersi, sarebbesi contro di essa prolungato il repellente stesso.

Eseguita la suddetta disposizione, cioè l' avanzamento del repellente sino all'indicato punto O, la corrente, per effetto del notevole rialzamento che si produsse nel pelo d'acqua, continuò bensì a volgere con violenza nella direzione del vecchio alveo, ma le condizioni del nuovo canale migliorarono sensibilmente, ed una prova se n'ebbe nel confronto delle esperienze che erano

state instituite per determinare le portate rispettive del nuovo e del vecchio canale rispetto a quella totale del fiume.

Tale confronto diede i seguenti risultati:

Addì 15 giugno 1867 (idrometro al zero).

Portata del canal nuovo	M³.	118,40
id. del vecchio	»	243,69
Totale . .	M³.	362,09

Ossia per 100, canal nuovo . .	33
Id. vecchio . .	67
	100

Addì 28 luglio 1867 (idrometro al zero).

Portata del canal nuovo.	M³.	170,91
id. del vecchio	»	152,17
Totale . .	M³.	323,08

Ossia per 100, canal nuovo . .	53
id. vecchio	47
	100

Evidentemente se invece di essere stretti dal tempo si avesse potuto attendere gli effetti del repellente, anche nelle condizioni in cui esso trovavasi alla fine di luglio, il risultato della deviazione non poteva essere dubbio; ma allo stato delle cose non v'era un giorno solo da perdere e perciò la risoluzione che si prese quella fu di precludere il corso alla violentissima corrente che ancora volgeva verso il vecchio canale e ciò collo spingere il repellente, come sopra si disse, contro la sponda sinistra del nuovo canale.

Quale fosse la violenza delle acque nel dirigersi con corso retrogrado nel vecchio alveo lo dimostrano le corrosioni rappresentate nella Tav. VIII.

Frattanto il repellente fu al punto O consolidato con abbon-

dante getto di fascinoni e coll'affondamento di due vecchi barconi; e la sponda sinistra, contro cui doveva essere chiuso il repellente stesso, fu essa pure opportunamente presidiata con grossi gabbioni ripieni di ghiaia e ciottoli.

Ciò fatto s'intraprese ed in brevi giorni si compì la palificata della tratta OP (Tav. VIII). Ristretta poi mediante getto di fascinoni l'apertura a soli metri 16 circa, essendosene tentato l'otturamento esso non riuscì perchè all'incominciarsi dell'operazione, cioè il mattino del giorno 8 d'agosto, i pali della palificata furono dalla corrente schiantati e travolti in un coi fascinoni che già erano stati collocati.

Non per questo si rinunziò al proposito di ritentare la prova, ma perciò furono prescritte le seguenti precauzioni:

1° La palificata di chiudimento del repellente, a vece di soli due, doveva avere tre ordini di pali della lunghezza ognuno di metri 12,00 almeno.

2° Ridotta che fosse l'apertura a soli metri 14,00, i pali, anzichè essere dopo l'infissione lasciati sciolti per eseguire fra i medesimi il getto di fascinoni, si dovevano immediatamente collegare con tutta la possibile solidità, costruendo sulla loro testa un comodo palco di servizio.

3° Nella tratta corrispondente alla suddetta apertura di metri 14,00, tralasciato il getto di fascinoni entro gl'interspazii dei pali, esso doveva invece farsi abbondante ed incessante *a valle* per guarentire il 3° filare dagli scalzamenti ed *a monte* per formare un robusto antipetto appoggiato alla palificata.

4° Lo stesso getto non potendo essere altrimenti eseguito che col mezzo di barconi, il servizio di questi si aveva da organizzare in modo che gli uni si succedessero agli altri senza interruzione e con ordine perfetto.

5° Per impedire nel getto *a monte* che i barconi, tratti dalla corrente, urtassero contro la palificata e la scompaginassero, come era avvenuto nel tentativo dell'8 agosto, dovevano essere infissi due pali a conveniente distanza per amarrarvi i barconi stessi

e col mezzo di funi regolare il getto dei fascinoni nei siti stabiliti.

6° Il getto a monte doveva operarsi a distanza non minore di metri 6,00 dal primo filare di pali affine di evitare le scosse che i fascinoni avrebbero altrimenti potuto cagionare alla palificata a pregiudizio della sua stabilità. Ciò doveva pur giovare allo scopo che il corpo dei fascinoni avesse una scarpata molto inclinata e divenisse così quanto più possibile resistente senza troppo gravitare contro la palificata.

7° Non potendosi tra i filari dei pali collocare fascinoni per gl'impedimenti opposti dai legnami di collegamento e dal palco di servizio, si doveva invece farvi un'abbondante gettata di sacchi ripieni di terra o sabbia affine di evitare gli scalzamenti che avrebbe altrimenti prodotto lo stramazzo delle acque dal nuovo al vecchio canale.

8° Infine, durante l'operazione di chiudimento del repellente doveva esercitarsi un'attenta sorveglianza su tutta l'estensione del medesimo per potere prontamente provvedere ad ogni eventualità e rimuovere, con getto continuato di fascinoni, qualsiasi pericolo non solo di rottura, ma anche di tracimazione, in causa dell'alzamento che sarebbesi prodotto nel livello d'acqua.

Tutte le precitate disposizioni furono esattamente eseguite: il dì 8 agosto era avvenuto il rovesciamento dei pali nel primo tentativo di chiudimento del repellente, ed il 14 dello stesso mese, ridotta la bocca a metri 14,00, tutto era predisposto per compierne il chiudimento nel giorno successivo.

Infatti il 15 di buon mattino cominciò il getto dei fascinoni contemporaneamente *a valle* ed *a monte* e quello dei sacchi tra i filari dei pali. A mezzodì il buon esito dell'operazione poteva dirsi guarentito, ed a sera la immissione del Po nel nuovo canale era un fatto compiuto.

Rimanevano bensì le filtrazioni le quali, sommate assieme su tutta l'estensione del repellente, davano ancora un corpo d'acqua di qualche entità. Ma oltre che le medesime non avrebbero in

alcun modo potuto essere evitate attesa la struttura stessa della diga, esse non potevano appunto per questa dare serie preoccupazioni e d'altronde si aveva la sicurezza che nei giorni consecutivi sarebbesi efficacemente provveduto per farle cessare quanto più era possibile. Fu infatti ordinato ed eseguito con sufficiente buon risultato l'impiego di terra grassa mista a bitumi di fascine e fogliami per tutta l'estensione dell'antipetto del repellente.

Il 15 agosto fu pertanto un giorno di viva soddisfazione per quanti avevano avuto parte in così ardua impresa, e dovette esserlo maggiormente per chi ne avea assunto la grave responsabilità.

Non pertanto restava ancora il chiudimento del vecchio alveo, pel quale potevano aversi ulteriori inquietudini qualora nel frattempo fosse avvenuta qualche escrescenza del fiume.

E notisi che per dare al repellente una maggiore resistenza era la sua altezza stata limitata a soli metri 1,50 sulle acque magre, e che questa altezza era verso monte notevolmente diminuita a cagione del rialzamento di acque prodotto dalla chiusura del repellente stesso. Aggiungasi che tale rialzamento si era, contro la previsione che lo aveva limitato a circa $0^m,60$, effettivamente elevato a $0^m,85$, per cui un ingrossamento anche poco sensibile del fiume avrebbe potuto riuscire molto compromettente.

Contro siffatta eventualità fu presa la precauzione di fare un ricarico di fascinoni su tutta l'estensione del repellente, il quale lavoro fu senza interruzione continuato fino al compiuto chiudimento del vecchio alveo col terrapieno della ferrovia.

In quanto agli effetti immediati del repellente dopo il suo chiudimento, basterà lo accennare che essendosi la differenza di livello fra l' imbocco e lo sbocco del nuovo canale elevata a $1^m,85$, l' azione della corrente sul fondo e contro le sponde si manifestò tosto vivissima e tale che in pochi giorni le profondità del nuovo canale furono constatate identiche, ed in taluni siti ancora maggiori, di quelle del vecchio alveo.

La stessa azione della corrente essendo anzi stata più viva sul fondo che contro le sponde riuscì naturalmente sempre più vantaggiosa allo stabilimento del nuovo letto.

Il dislivello suindicato di 1^m 85 fu però di breve durata, essendo bastata la notte del 15 al 16 per farlo discendere ad 1^m,70, la quale diminuzione andò, comecchè meno sensibile, continuando nei giorni consecutivi sino a che nel 28 agosto si trovò di soli metri 1,60.

Per tali differenze di livello e per quelle che risultarono da precedenti osservazioni le pendenze del nuovo canale, in diversi tempi riscontrate, sono le seguenti:

	DATA	PENDENZA assoluta	LUNGHEZZA	PENDENZA per metro
All'incominciamento dei lavori della nuova inalveazione	1° Giugno 1866	0,76	1850	0,00041
Dopo costruita la Chiusa	10 Aprile 1867	0,92	»	0,000497
Prima di chiudere il Repellente.	4 Agosto »	1,16	»	0,000627
Dopo chiuso il Repellente	16 Id. »	1,70	»	0,000912
Id. il vecchio alveo del Po .	28 Id. »	1,60	»	0,000864
Id. id.	28 Dicembre »	0,554	»	0,000299

Le risultanze delle prime tre date hanno la loro ragione negli effetti delle opere eseguite, e quelle delle altre tre negli approfondimenti del nuovo canale; una di queste ultime poi, quella cioè del 28 dicembre, dimostrerebbe ben chiaramente come già a seguito delle piene autunnali la pendenza si fosse ridotta pressochè ai limiti normali, constatati nel vecchio alveo prima dello incominciamento dei lavori.

Per completare le notizie sul repellente si aggiungono i seguenti particolari:

Lunghezza del repellente	M.	484,00
N° dei pali compresi quelli pel controrepellente	N°	577,00
Fascinoni	M^3	29245,50
Lungarine e traverse	»	51,35
Ferro per chiavarde e cuspidi .	Chilog.	1382,00
Gabbioni di difesa della sponda . . .	N°	570,00
Sacchi ripieni di terra	»	1060,00
Scavo per intestature	M^3	1229,20

La forma e le dimensioni del repellente si hanno nella Tavola VIII.

Chiudimento del vecchio alveo del Po e rilevato ferroviario nella traversata di questo. — Felicemente compiuta la deviazione del Po più non restava, ad assicurare il pieno successo, che il chiudimento definitivo del vecchio alveo per mezzo del rilevato ferroviario.

Questo rilevato già essendo stato, come si è detto, compiuto sulle due sponde durante l'inverno del 1867, la sola parte che ancora rimaneva a costruirsi era quella corrispondente alla traversata dell'alveo.

Trascorso appena il periodo delle piene primaverili si ripigliarono pertanto i lavori cominciando dalla formazione delle due steccaie in legnami a sostegno della base del rilevato, eccettuata una tratta di m. 100 nel mezzo, la quale, secondo le prescrizioni del Ministero dei Lavori Pubblici, doveva essere lasciata libera, essendosi lo stesso dicastero riservato di dare il suo assenso al completo chiudimento dell'alveo dopo sentito il parere d'una commissione tecnica che all'uopo avrebbe spedita sul luogo.

Il rilevato fu continuato, sia con terre prese nei siti laterali alle due sponde, sia colle materie abbondantemente fornite dalla costiera fra Sommo e Cava, distante circa due chilometri dal Po, essendosi il trasporto di queste ultime operato con convogli rimorchiati da locomotive, e quello delle prime coi mezzi ordinari.

Ciò mediante, arrivando ogni giorno sul luogo oltre a 2000 metri cubi di terra, il rilevato anzidetto potè progredire celeremente, sempre preceduto e difeso al piede dalle steccaie onde la corrente non ne esportasse le materie, ed il 7 agosto, giorno in cui ebbe luogo la visita della commissione governativa, più non restava, per il chiudimento totale del vecchio alveo, che la tratta di 100 metri, di cui si è di sopra fatto parola.

In seguito alla suddetta visita essendo stata tolta ogni riserva, si attese tosto al compimento delle palificate costituenti l'ossatura delle steccaie, facendo procedere il getto dei fascinoni in proporzione coll'avanzarsi del terrapieno, e lasciando sempre un varco libero alle acque, che per le filtrazioni dal repellente all'imbocco del nuovo canale, ingrossate dagli scoli della valle di Zinasco e Sommo, davano ancora una corrente di qualche entità.

Ristretto che fu il vecchio alveo a $12^m,00$, il che si verificò al 19 di agosto, cioè quattro giorni dopo l' ultimazione del repellente superiore, si diedero tosto le disposizioni pel definitivo chiudimento dell'alveo stesso.

Tale operazione doveva essere concentrata nella steccaia di ritegno del rilevato a valle, e ciò perchè, qualunque sconcerto od avaria fosse accaduta, non avrebbe potuto derivarne alcun danno al rilevato stesso, ed in ispecie al ponte in legno ch'era stabilito attraverso l'alveo pel servizio dei convogli delle terre.

Le disposizioni date per questo scopo, e nelle quali si prese anche norma dalle operazioni ch'erano state con buon successo precedentemente compiute per la deviazione del fiume, furono le seguenti (vedi Tav. X).

1° Rafforzare con getto continuo di fascinoni, da eseguirsi per mezzo di barconi, il piede del filare esteriore dei pali della *steccaia a valle* all'oggetto d'impedire il loro scalzamento;

2° Costruire un robusto palco di servizio sui quattro filari di pali, abbastanza ampio per potervi tenere continuamente in deposito un'abbondante provvista di fascinoni, che per mezzo di

barconi vi si sarebbero di mano in mano trasportati dalla sponda sinistra del vecchio alveo ov'erano i medesimi costruiti;

3° Disporre nel bacino, compreso fra il palco anzidetto e quello in servizio dei convogli, due barche accoppiate per coadiuvare il getto di fascinoni da eseguirsi, per mezzo del primo di detti palchi, contro il filare interno della palificata;

4° Tenere depositata lateralmente sulle sponde di detto bacino buona scorta di fascinoni e di non meno di 4000 sacchi onde, cominciata l'operazione del chiudimento, non avessero a mancare gli occorrenti materiali;

5° Proseguire contemporaneamente ed incessantemente i lavori del terrapieno affine di operare, di conserva al chiudimento dell'alveo, con fascinoni e sacchi contro alla staccaia, il congiungimento del rilevato procedente dalle due sponde.

Tutte le preaccennate disposizioni furono esattamente eseguite. Il getto dei fascinoni si cominciò e si terminò con pieno successo nella giornata del 20 agosto, non senza essersi prima eseguite alle sponde laterali due robuste difese per mezzo di sacchi ripieni di sabbia, e ciò nello scopo d' impedire l' isolamento dei fascinoni, che avrebbe altrimenti potuto essere prodotto dalle corrosioni.

Nel mattino del 21 si diede simultaneamente principio a due coronelle, una di sacchi in antipetto ai fascinoni, l'altra di terra grassa in antipetto alla prima, e questa operazione, eseguita con tutta l'energia, fu condotta a termine sul mezzodì e nel punto stesso in cui si operò il congiungimento del terrapieno.

L'ultimazione simultanea delle predette due operazioni determinò il definitivo chiudimento del vecchio alveo ed in brev'ora la poca acqua, ch'era rimasta nel bacino tra il ponte di servizio pei convogli e quello sulla palificata pel getto dei fascinoni, scomparve affatto per filtrazione, essendo così rimasta quasi per incanto in perfetto asciutto tutta l'ampia base del rilevato della ferrovia limitata dai detti due ponti.

Alla sera dello stesso giorno 21 agosto il terrapieno già era

portato a circa metri 4,00 sopra le magre, cosicchè anche questa difficile operazione si trovò con pieno successo assicurata. E fu somma ventura, perchè pochi giorni dopo accadde un'escrescenza del fiume che segnò l'altezza di $1^m,70$ sopra le magre, e la quale, se fosse avvenuta nel corso delle suddette operazioni, avrebbe bastato a scompaginare tutto il lavoro, con tanta cura predisposto.

In quanto al rilevato ferroviario nella traversata del Po essendo dati nei relativi disegni tutti i particolari utili a conoscersi, basterà far qui avvertire come a difesa delle falde siasi stimato sufficiente rivestimento quello di fascine ripiene di terra grassa conficcate nel suolo con paletti di salice e pianticelle di acacie, gli uni e le altre atte alla vegetazione.

Questo rivestimento sale sino all' altezza della prima banchetta, ossia a metri 1,00 sotto il livello delle piene massime. La falda superiore è rivestita con zolle erbose fino al livello predetto e semplicemente munita di seminagione nella restante parte.

L'entità dei lavori compiuti pel solo chiudimento del vecchio alveo e per la formazione del rilevato ferroviario nella traversata del Po risulta dai seguenti particolari:

Volume del terrapieno fra il piazzale d'accesso sinistro del ponte e la vecchia sponda sinistra del Po	M^3.	278,865,90
Fascinotti in rivestimento del rilevato. . .	N°	7310,00
Pali occorsi nelle steccaie di sostegno. . .	»	790,00
Lungarine e traverse di collegamento. . .	M^3.	114,00
Ferro per cuspidi e carichi	Chilog.	1370,00
Fascinoni in gettate	M^3.	19958,88
Sacchi ripieni di sabbia.	N°	4500,00

Sono rappresentate nella Tav. IX le sezioni trasversali della pianta del rilevato ferroviario nella traversata del Po e nella Tav. X alcuni particolari che riferisconsi alle sopra descritte operazioni di chiudimento del vecchio alveo.

Aquedotto sul Roggiolo. — La prima delle suddette Tavole contiene pure i particolari dell'acquedotto a doppia luce con paratoie sul colatore Roggiolo, siccome quello che fa parte integrante delle opere di nuova inalveazione, essendo destinato a smaltire tutti gli scoli raccolti dal suddetto colatore il quale immetteva per lo innanzi le sue acque nell'alveo ora abbandonato.

E poichè col rilevato della ferrovia restava precluso lo scarico di dette acque, fu mestieri aprire in golena a sponda sinistra del predetto alveo un nuovo tratto di cavo colatore in continuazione del Roggiolo, ed è appunto quello che, sottopassando alla ferrovia, dovette essere provveduto di analogo acquedotto a doppia luce ed a doppia paratoia.

Quest'acquedotto fu, nel giorno in cui doveva compiersi l'operazione del chiudimento del vecchio alveo, messo provvisoriamente in comunicazione col medesimo, e servì in qualche modo a scaricarne le acque ed a tenerle meno elevate contro le steccaie.

Per la fortunata riuscita della deviazione, come sopra compiutasi il quindici agosto, e del chiudimento del vecchio alveo del Po, che lo fu il 21 stesso mese, la ferrovia Voghera-Brescia avrebbe potuto essere aperta all'esercizio sin dalla metà del susseguente settembre, benchè quest'apertura, per circostanze che non è qui il luogo di accennare, abbia invece dovuto essere protratta sino al novembre successivo.

Difatti una prima corsa di prova da Voghera al Gravellone avea luogo il giorno 14 settembre, con intervento della Commissione collaudatrice delegata dal Ministero dei Lavori Pubblici, la quale procedeva poi ad una seconda e definitiva corsa il 20 dello stesso mese, non tanto per la strada quanto per eseguire le prove del ponte, di cui si è qui sopra parlato.

Riepilogo. — Reso così conto dei lavori stati eseguiti nella traversata del Po, sia per la nuova inalveazione del fiume, sia per le opere accessorie di difesa del ponte e di chiusura del

vecchio alveo, non sarà per tornare inopportuno il riepilogo che si offre nel seguente prospetto.

1.	Terreni espropriati per la sede del nuovo alveo. . . . . M² 1,661,960. 63 Terreni occupati per sistemazione di argini consortili . . . . . « 48,537. 00		1,710,497. 63
2.	Lunghezza del nuovo canale	M.	1,800. 00
3.	Sterri in asciutto e subacquei per l'apertura del nuovo canale.	M³	705,963. 91
4.	Sviluppo complessivo delle arginature costruite a nuovo o sistemate	M.	18,800. 00
5.	Movimenti di terra per l'esecuzione delle suddette arginature Scavi di fondazione dei rivestimenti M³ 37,073. 39 Rialzi . . . . . « 354,125. 44	M³	391,198. 83
6.	Superficie di falde di argini seminate.	M²	146,162. 27
7.	Scavi diversi per intestatura di chiuse	M³	6,320. 87
8.	Numero totale dei pali per paratie di fondazione dei rivestimenti per chiuse e steccaie da m. 4 a m. 14 di lunghezza	N°	2,654. 00
9.	Legnami diversi per collegamenti di pali.	M³	606. 89
10.	Ferramenti per chiavarde e cuspidi	K.	4,879. 06
11.	Rivestimenti murali d'ogni specie, cioè prismi, mattoni e scapoli.	M³	5,282. 26
12.	Fascinoni in gettata	«	79,473. 51
13.	Prismi e massi di roccia in gettata	«	13,701. 54
14.	Sacchi	N°	7,781. 00
15.	Gabbioni	«	570. 00
16.	Rilevato ferroviario nella traversata del Po	M³	278,865. 90
17.	Prismi rimanenti in provvista.	«	22,095. 50
18.	N° complessivo delle giornate di operai occorse per tutti i lavori	N°	371,214. 00
19.	Portata del Po in massima magra	M³	323. 08
20.	Pendenza normale del Po presso Mezzana Corti in magra per metro prima della costruzione del ponte	Metri	0,00019
21.	Id. id. in piena.	«	0,00025

Il costo poi delle opere suddette, benchè alcune partite non siano ancora definitivamente liquidate, può in complesso ritenersi nelle seguenti cifre:

1. Espropriazioni pel nuovo alveo		L.	696,078. 97
2. Scavi d'apertura del nuovo canale		«	528,706. 27
3. Arginature principali cioè:			
A) Argine a martello di sinistra . .	L. 364,884. 93	«	682,068. 93
B) Argine contenitore a destra sino al torrente Luria.	« 317,184. 00		
4. Sistemazione di arginature consortili a sinistra. . . .		«	175,646. 43
5. Colatore Roggiolo ed opere relative		«	53,676. 15
6. Chiusa C C′		«	176,425. 90
7. Repellente R R′		«	181,875. 70
8. Approvvigionamenti		«	344,851. 80
9. Lavori diversi.		«	58,182. 94
Totale per l'inalveazione ed opere relative		L.	2,897,513. 09
Cui aggiunto l'importo dell'argine ferroviario nella traversata del Po, comprese le opere di difesa e consolidamento e quelle del chiudimento del vecchio alveo in .		«	451,645. 61
Si ha il totale generale di		L.	3,349,158. 70

Questa comecchè sommaria esposizione delle spese, cui diedero luogo le opere suddescritte, prova ad un tempo e la loro importanza ed i sacrifici che ha costato alla Società delle ferrovie Meridionali la costruzione del tronco Voghera-Pavia nella traversata del Po.

All'anzidetta spesa di	L.	3,349,158. 70
aggiungendosi quella occorsa pella costruzione del ponte tubulare	»	7,708,126. 62
Si ha il totale generale di	L.	11,057,285. 32

ch' è quanto dire l'importo complessivo cui rilevarono le opere tutte per la suddetta traversata, non comprese ben inteso le spese per l'armamento della via e quelle generali d'amministrazione.

E poichè la stessa traversata, misurata dal piazzale d'accesso di destra del ponte sino al passaggio a livello presso l'acquedotto detto Roggiolo a sinistra sponda, ha la lunghezza di metri 1580,00, ne emerge che il costo per metro lineare di questa breve tratta di ferrovia è di $\frac{11057285,32}{1580}$ = £ 6998. 28.

Ragguagliando poi lo stesso costo all'unità di misura, si hanno i seguenti prezzi medii:

Prezzo medio del metro superficiale di espropriazione	$\frac{696078,97}{1661960,00}$	= £	0.42
id. del metro lineare di nuovo canale . .	$\frac{528706,27}{1850,00}$	=	275.79
id. del metro cubo di scavo del canale . .	$\frac{528706,27}{705963,91}$	=	0.75
id. del metro lineare d'argine a martello di sinistra compresi i rivestimenti e le gettate	$\frac{364884,93}{550}$	=	1042 53
id. id. di argine contenitore rivestito solo in parte e gettate	$\frac{317184,00}{5400}$	=	58.74
id. del metro lineare di arginatura sistemata a sinistra	$\frac{175646,43}{13,050}$	=	13.46
id. id. della chiusa segnata C C′ nel piano generale	$\frac{176425,90}{394}$	=	447.78
id. id. del repellente R R′	$\frac{181875,70}{484}$	=	375.78
id. id. d'apertura del Roggiolo ed opere relative di difesa	$\frac{53676,15}{880}$	=	60.995
id. id. del rilevato ferroviario compresa ogni opera accessoria di sostenimento e di difesa	$\frac{451645,61}{756}$	=	597.42
id. del M. C. dello stesso ogni opera compresa	$\frac{451645,61}{278865,90}$	=	1,62

Dalle premesse esposizioni, e dai disegni che loro servono di corredo, io credo che possa desumersi sufficiente criterio per giudicare sia dell'entità dei lavori, che si dovettero eseguire per lo stabilimento della ferrovia Pavia-Voghera nella traversata del Po, sia delle gravi difficoltà che si ebbero nei medesimi ad incontrare e che si riuscì a vincere coi più felici risultati.

Porrò fine pertanto ai presenti cenni, ben lieto se con essi avrò raggiunto lo scopo che mi era prefisso, quello di far cosa che riuscisse di qualche interesse ed utilità per i miei colleghi, illustrando come meglio per me si sapeva, in tutti i suoi particolari di concetto e di esecuzione, una delle opere più gran-

diose che siansi compiute in Italia, e la quale torna di grande lustro al paese nostro ed in particolare alla Società Italiana delle ferrovie Meridionali, per le di cui cure e spese fu la medesima eseguita.

Cremona, febbraio 1868.

L'Ingegnere Direttore dei Lavori
P. VALSECCHI.

---

3 0112 080194555

Prezzo del presente col relativo atlante di disegni

Lire **12.**